

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, EN
EL MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL RIOJA-POSIC,
UTILIZANDO EL MÉTODO NAASRA, TRAMO DEL KM. 00+000
AL KM. 6+090, DISTRITO Y PROVINCIA DE RIOJA,
REGION SAN MARTÍN**

TESIS

PRESENTADA PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

POR:

BACH. FRANK MANUEL MACEDO VÁSQUEZ

ASESOR: ING° MÁXIMO ALCIBIADES VILCA COTRINA

TARAPOTO - PERÚ

2014

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, EN EL MEJORAMIENTO DEL
CAMINO VECINAL RIOJA - POSIC, UTILIZANDO EL MÉTODO NAASRA, TRAMO DEL
KM. 00+000 AL Km. 6+090, DISTRITO Y PROVINCIA DE RIOJA, REGION SAN
MARTIN**

TESIS

**PRESENTADA PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

POR:

BACH. FRANK MANUEL MACEDO VÁSQUEZ

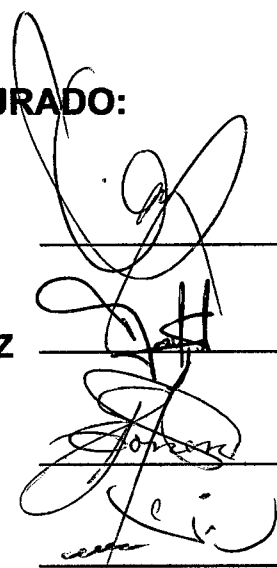
SUSTENTADA Y APROBADA ANTE EL HONORABLE JURADO:

Presidente: DR. ING° SERBANDO SOPLOPUCO QUIROGA

Secretario : ING° MSC. ENRIQUE NAPOLEÓN MARTÍNEZ QUIROZ

Miembro : ING° MSC. JOSÉ EVERGISTO ALARCÓN ZAMORA

Asesor : ING° MÁXIMO ALCIBIADES VILCA COTRINA



DEDICATORIA

*A Dios Padre por darme la vida,
por darme la sabiduría y fortaleza
para afrontar día a día mi camino.*

*A mis queridos Padres Blanca y Ulla,
por el inmenso esfuerzo de ambos
que me hicieron una persona de bien
para nuestra sociedad, por su apoyo
incondicional durante toda mi vida
y durante mi formación profesional.*

*A mi amiga del alma, Juana María
por su apoyo emocional y sincero que me
fortalece y anima a seguir siempre adelante.*

Para ellos este trabajo.

Frank Manuel Macedo Vásquez.

AGRADECIMIENTO

A Dios Padre, por acompañarme todos los días de mi vida.

A todas las personas que hicieron posible en la realización de este trabajo, muchas gracias por su apoyo y enseñanza:

A mis amados padres, Blanca, por ser mi ejemplo, por darme todo tu amor durante toda mi vida, por tu enorme sacrificio para sacarme adelante y llevar conmigo siempre tu confianza, tu apoyo y cariño; Ulla, por ser mi tutor desde mi niñez, por inculcarme una verdadera educación, sin ti no hubiera podido ser lo que soy ahora, un hombre de bien para la sociedad, detrás de este logro estás tú, que este trabajo sea la recompensa a tantos años de su entrega.

A mi abuelo (QEPD), Juanito Vásquez, de ti aprendí la persistencia que la vida te exige, gracias por tu ejemplo de lucha y tenacidad, sé que en donde estés, siempre compartirás mis alegrías.

A Juana María, gracias por acompañarme a hacer realidad este sueño, en los desvelos constantes para su realización, por darme ánimos siempre para luchar por lo que quiero, por ser mi compañera del alma, porque hemos compartido tanto que mis logros son los tuyos.

A mi asesor, el Ingeniero Máximo Alcibiades Vilca Cotrina por su gran apoyo, dedicando su tiempo y sus sabios conocimientos para la formación de mi proyecto y para la formación de mi persona como profesional.

A mis docentes de la Universidad Nacional de San Martín que durante mi vida universitaria me enseñaron el verdadero significado de nuestra carrera.

A todos mis compañeros y amigos que formaron parte de este trayecto y quedarán siempre en mis recuerdos.

Frank Manuel Macedo Vásquez

ÍNDICE DE CONTENIDO

CARATULA

CONTRACARATULA..... i

APROBACIÓN DE TEXTOS..... ii

DEDICATORIA..... iii

AGRADECIMIENTO..... iv

INDICE DE CONTENIDO v

RESUMEN xxi

I. INTRODUCCION 01

1.1 Generalidades..... 01

1.2 Exploración Preliminar Orientando la Investigación 05

1.3 Aspectos Generales del Estudio 06

1.3.1 Ubicación Geográfica 07

1.3.2 Clima 07

1.3.3 Centros Poblados y Área de Influencia 08

1.3.4 Accesibilidad 08

1.3.5 Características Socio Económicas 09

1.3.6 Características Físicas 11

1.3.7 Estratigrafía 12

1.3.8 Actividades Principales y Niveles de Vida 15

1.3.9 Características Físicas 16

1.3.10 Población Económicamente Activa 17

1.3.11 Descripción del Proyecto..... 19

II. MARCO TEÓRICO 20

2.1 Antecedentes, Planteamiento, Delimitación y Formulación del Problema 20

2.1.1	Antecedentes del problema.....	20
2.1.2	Planteamiento del problema.....	20
2.1.3	Delimitación del Problema.....	21
2.1.4	Formulación del Problema.....	21
2.2	Objetivos: General y Específico.....	22
2.2.1	Objetivo General	22
2.2.2	Objetivo Específico.....	22
2.3	Justificación de la Investigación	22
2.4	Delimitación de la Investigación	24
2.5	Marco Teórico	25
2.5.1	Antecedentes de la Investigación	25
2.5.2	Marco Teórico	27
2.5.2.1.	Aspectos Sobre el Diseño del Pavimento.....	27
2.5.2.1.1.	Método NAASRA.....	27
2.5.2.1.2	Fatiga en los Materiales del Pavimento	34
2.5.2.1.3	Velocidad Directriz.....	35
2.5.2.1.4	Variación de la Velocidad Directriz	35
2.5.2.1.5	Distancia de Visibilidad	35
2.5.2.1.6	Distancia de Velocidad de Parada o Frenado.....	35
2.5.2.1.7	Distancia de Visibilidad de Sobrepaso.....	36
2.5.2.2.	Diseño de Pavimentos.....	36
2.5.2.2.1	Generalidades	36
2.5.2.2.2.	Factores que intervienen en el Diseño de un Pavimento	37
2.5.2.2.2.1	Índice de Tráfico.....	37
2.5.2.2.2.2	Clima.....	38
2.5.2.2.2.2	Terreno de Fundación	38
2.5.2.2.3.	Momento de Efectuar un Pavimento.....	38
2.5.2.2.4.	Condiciones que debe tener una buena Calzada.....	39
2.5.2.2.5.	Selección del Tipo de Pavimento.....	39

	2.5.2.2.5.1	Terreno de Fundación	39
	2.5.2.2.5.2	Sub Base	40
	2.5.2.2.5.3	Base	41
	2.5.2.2.5.4	Capa de Rodamiento	42
2.5.2.2.6.		Tratamientos Superficiales	42
2.5.2.2.7.		Riego de Imprimación	43
2.5.2.2.8.		Emulsión Asfáltica	43
	2.5.2.2.8.1	Emulsiones Asfálticas Cationicas	45
	2.5.2.2.8.2	Emulsiones Asfálticas con Polímeros	45
	2.5.2.2.8.3	Aplicación de las Emulsiones Asfálticas	47
2.5.2.2.9		Método AASHTO	53
2.5.2.2.10		Método del Instituto del Asfalto	58
2.5.2.3.		Aspectos sobre Mecánica de Suelos	60
	2.5.2.3.1.	Estudio de Suelos y Canteras	60
	2.5.2.3.2.	Estudio de Suelos	61
	2.5.2.3.3.	Clasificación e Identificación de Suelos	72
2.5.2.4.		Aspectos Topográficos	74
	2.5.2.4.1.	Alineamiento Horizontal	74
	2.5.2.4.2.	Curvas Horizontales	74
	2.5.2.4.2.1	Radio de Diseño	74
	2.5.2.4.2.2	Peralte	76
	2.5.2.4.2.3	Elementos de las Curvas Horizontales	77
2.5.2.5.		Perfil Longitudinal	78
	2.5.2.5.1.	Secciones Transversales	78
	2.5.2.5.2.	Rasante	81
	2.5.2.5.3.	Curvas Verticales	81
	2.5.2.5.4.	Pendiente	83
2.5.2.6.		Comparación entre Pavimentos Flexibles (NAASRA, AASHTO e Instituto del asfalto	86
2.5.2.7.		Estudio de Impacto Ambiental	86
	2.5.2.7.1	Ventajas	88

2.5.2.7.2	Inconvenientes.....	89
2.5.2.7.3	Metodología de un Estudio de Impacto Ambiental (E.I.A) de una Carretera.....	90
2.5.2.7.4	Justificación para el Estudio del Impacto Ambiental.....	92
2.5.2.7.5	Objetivo del Estudio del Impacto Ambiental.....	93
2.5.2.7.6	Factores Ambientales del Medio.....	93
2.5.3	Marco Conceptual: Terminología Básica.....	94
2.5.4	Marco Histórico.....	99
2.6	Hipótesis.....	100
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	101
3.1	Materiales.....	101
3.1.1	Recursos Humanos.....	102
3.1.2	Recursos Materiales.....	102
3.1.3	Recursos de Equipos.....	103
3.1.4	Otros Recursos.....	107
3.2	Metodología.....	107
3.2.1	Universo, Muestra, Población.....	110
3.2.1.1	Universo.....	110
3.2.1.2	Muestra.....	110
3.2.1.3	Población.....	110
3.2.2	Sistema de Variables.....	110
3.2.2.1	Variable Independiente.....	110
3.2.2.2	Variable Dependiente.....	110
3.2.3	Diseño Experimental de la Investigación.....	110
3.2.4	Diseño de Instrumentos.....	111
3.2.4.1	Ámbito Geográfico.....	111
3.2.4.2	Fuentes Técnicas e Instrumentos de Selección de Datos.....	111
3.2.4.3	De lo Relacionado a las Técnicas Estadísticas.....	112
3.2.5	Procesamiento de Información.....	115

3.2.5.1	Ensayos Preliminares.....	115
3.3.5.2	Diseño del Pavimento Flexible	116
3.2.5.3	Descripción del Estudio los Resultados para la Obtención del Espesor en el Diseño del Pavimento Flexible.....	118
3.2.5.3.1	Resultado del Estudio de Tráfico	118
3.2.5.3.2	Resultados del Estudio de Suelos.....	123
3.2.5.3.2.1	Resultado de Canteras.....	123
3.2.5.3.2.2	Resultado de Calicatas.....	124
3.2.5.3.2.3	Determinación del CBR de Diseño	125
3.2.5.3.3	Diseño del Pavimento	126
3.2.5.3.3.1	Diseño del Pavimento.....	126
3.2.5.3.3.2	Método NAASRA.....	127
3.2.5.3.4	Determinación del Espesor del Pavimento.....	128
3.2.5.3.5	Comparación entre el Método NAASRA y el Método AASHTO	132
3.2.5.3.6	Comparación entre el Método NAASRA y el Método del Instituto Del Asfalto	134
3.2.5.3.7	Resultados del Impacto Ambiental	138
IV.	RESULTADOS.....	140
4.1	Resultado del Estudio de Tráfico	140
4.2	Resultado del Estudio de Mecánica de Suelos	144
4.2.1	Resultado del Análisis de Canteras.....	144
4.2.1.1	Cantera Cerro Yorongos	144
4.2.1.2	Cantera Cerro Yorongos (40%) y Río Tonchima (60%).....	144
4.2.1.3	Cantera Cerro Yorongos (20%) y Río Tonchima (80%).....	144
4.2.2	Resultado del Análisis de Calicatas en el Tramo Rioja – Posic.....	145
4.2.3	Resultado del Valor Soporte (CBR) para Diseño en el Tramo Rioja – Posic.....	147
4.2.4	Percentiles Estadísticos para la Obtención del CBR del Diseño en el Tramo Rioja – Posic.....	147
4.3	Diseño del Pavimento Flexible	148
4.3.1	Cuadro de Resumen del Diseño Estructural del Pavimento Flexible	

	Utilizando El Método NAASRA.....	148
4.4	Matriz de Leopold para la Evaluación del Estudio de Impacto Ambiental.....	150
4.5	Comparación entre el método NAASRA y el Método AASHTO.....	150
4.6	Comparación entre el método NAASRA y el Método del Instituto del Asfalto	151
4.7	Análisis Comparativo Y Estadístico Entre El Método Naasra Y Los Métodos AASHTO E Instituto Del Asfalto	151
V.	ANALISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	152
5.1	Análisis de Resultados	152
5.1.1	Ensayos Preliminares.....	152
5.1.2	Diseño del Pavimento Flexible mediante el Método NAASRA.....	153
5.1.3	Análisis de Tráfico	153
5.1.4	Ensayo de Mecánica de Suelos	154
5.1.4.1	Ensayo de Canteras.....	154
5.1.4.2	Ensayo de Calicatas.....	155
5.1.5	Análisis Comparativo entre el Método NAASRA y los Métodos AASHTO e Instituto del Asfalto	156
5.1.6	Análisis del Estudio del Impacto Ambiental	157
5.2	Discusión de Resultados	160
5.2.1	Diseño del Pavimento Flexible mediante el Método NAASRA.....	160
5.2.2	Tráfico	161
5.2.3	Ensayo de Mecánica de Suelos	161
5.2.3.1	Ensayo de Canteras.....	161
5.2.3.2	Ensayo de Calicatas.....	162
5.2.4	Comparativos entre el Método NAASRA y los Métodos AASHTO e Instituto del Asfalto.....	162
5.3	Selección de Alternativas	163
5.4	Contrastación de la Hipótesis.....	163
VI.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	165
6.1	Conclusiones	165
6.2	Recomendaciones	166

VII. BIBLIOGRAFIA.....	167
7.1 Referencia Bibliográfica	167
7.2 Linkografía	169
VIII. ANEXOS	171
Anexo N°1: Resultado de los Ensayos de Mecánica de Suelos y Diseño del Pavimento	172
Anexo N°2: Diseño Estructural de Pavimento Flexible Mediante el Método AASHTO 93	211
Anexo N°3: Evaluación del Impacto Ambiental en Obras Viales.....	213
Anexo N°4: Panel Fotográfico	253
Anexo N°5: Planos	261

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°01:	Sistema Nacional de Carreteras SINAC	03
Tabla N°02:	Red Vial Nacional según Departamentos y por tipo de Superficie de Rodadura, a Setiembre 2013.....	03
Tabla N°03:	Red Vial Nacional de la Región San Martín	04
Tabla N°04:	Altitud/Clima/Temperatura y Precipitaciones Pluviales por Provincias en la Región San Martín	08
Tabla N°05:	Población Actual total Proyectada	09
Tabla N°06:	Población según actividad laboral.	10
Tabla N°07:	Superficie Cosechada y producción agrícola.....	10
Tabla N°08:	Leyenda del Mapa Geológico de Rioja.....	12
Tabla N°09:	Superficie Cosechada en el área del Proyecto.....	16
Tabla N°10:	Factores de distribución Direccional y de Carril para Determinar el tránsito en el carril de diseño	30
Tabla N°11:	Factores de Crecimiento Acumulado (Fca) para El cálculo de número de Repeticiones de EE	30

Tabla N°12: Relación de Cargas por Eje para determinar Ejes Equivalentes (EE) para afirmados y pav. Flexibles.....	31
Tabla N°13: Factor de Ajuste por Presión de Neumático (fp) para Ejes Equivalentes (EE).....	32
Tabla N°14: Factores equivalentes de carga para pavimentos Flexibles, Ejes Simples, Pt = 2,5	33
Tabla N°15: Cálculo de EE de 8.2 t, para periodos de 5 y 10 años.	33
Tabla N°16: Longitud Máxima sin visibilidad de adelantamiento En sectores conflictivos	36
Tabla N°17: Porcentaje de material granulométrico	42
Tabla N°18: Requisitos para las emulsiones Asfálticas	44
Tabla N°19: Especificaciones para Emulsiones Catiónicas	46
Tabla N°20: Niveles de Confiabilidad.....	53
Tabla N°21: Índice de Serviciabilidad.....	55
Tabla N°22: Coeficiente Estructural de la Carpeta Asfáltica.....	56
Tabla N°23: Valores del Coeficiente Estructural para Base Granular Chancada	56

Tabla N°24:	Valor del Coeficiente Estructural para Subbase Granular	56
Tabla N°25:	Parámetros para determinar el Coeficiente de Drenaje	57
Tabla N°26:	Coeficientes de Drenaje	57
Tabla N°27:	Índice de Plasticidad	66
Tabla N°28:	Contenidos óptimos de Hº y densidades secas.....	67
Tabla N°29:	Valores correspondientes a la muestra patrón.	68
Tabla N°30:	Carga abrasiva, máquina de los ángeles.....	69
Tabla N°31:	Cantidad de las muestras en gramos	69
Tabla N°32:	Cantidad de la muestra en gramos según Gradación.....	70
Tabla N°33:	% de desgaste para evaluar los resultados del ensayo De los Ángeles	71
Tabla N°34:	Clasificación de suelo según índice de grupo.....	74
Tabla N°35:	Fricción transversal máxima en curvas.....	75
Tabla N°36:	Radios Mínimos y Peraltes Máximos.....	75
Tabla N°37:	Radios Mínimos Normales	76
Tabla N°38:	Taludes de Relleno	80
Tabla N°39:	Taludes de Corte.....	80

Tabla N°40: Pendientes máximas normales	84
Tabla N°41: Pendientes máximas excepcionales.....	84
Tabla N°42: Pendientes medias permisibles para tramos de 10 km.....	85
Tabla N°43: Objetivos principales de un E.I.A de carreteras	91
Tabla N°44: Tasa de Crecimiento	119
Tabla N°45: Periodos de Diseño según tipo de Carretera	119
Tabla N°46: Límites para la selección de resistencia (Percentiles)	126
Tabla N°47: Módulos de Resiliencia según e tipo de Suelo	133
Tabla N°48: Pendientes máximas excepcionales.....	85
Tabla N°49: Pendientes máximas excepcionales.....	85

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro N°01:	Población Actual Total	19
Cuadro N°02:	Ecuación para la obtención del CBR de diseño mediante el procedimiento estadístico (percentiles).....	126
Cuadro N°03:	Características Técnicas Del Camino Vecinal Mejorado	132
Cuadro N°04:	Índice Medio Diario Estación E1 – Rioja – Posic	140
Cuadro N°05:	Tráfico de Diseño	140
Cuadro N°06:	Cálculo de Factores de Equivalencia por Eje y Factor Vehículo Camión C2 Pavimento Flexible.....	141
Cuadro N°07:	Cálculo de Factores de Equivalencia por Eje y Factor Vehículo Camión C3 Pavimento Flexible.....	142
Cuadro N°08:	Calculo De Ejes Equivalentes Para Pavimento Flexible	143
Cuadro N°09:	Límite de Consistencia Norma ASTM-D-4318 y Clasificación de Suelos SUCS ASTM-D-2487 y AASHTO ASTM-D-3282 Cantera Cerro Yorongos	144
Cuadro N°10:	Límite de Consistencia Norma ASTM-D-4318 y Clasificación de Suelos SUCS ASTM-D-2487 y AASHTO ASTM-D-3282 Cantera Cerro Yorongos (40%) Y Río Tonchima (60%).....	144
Cuadro N°11:	Límite de Consistencia Norma ASTM-D-4318 y Clasificación de Suelos SUCS ASTM-D-2487 y AASHTO ASTM-D-282 Cantera Cerro Yorongos (40%) Y Río Tonchima (60%).....	144
Cuadro N°12:	Resultado del Análisis de Calicatas en el tramo Rioja – Posic.....	145
Cuadro N°13:	Valores CBR para el diseño.....	147

Cuadro N°14:	Percentiles Estadísticos para la Obtención del CBR de Diseño en el Tramo Rioja – Posic.....	147
Cuadro N°15:	Cuadro de Resumen del Diseño Estructural del Pavimento Flexible Utilizando el Método NAASRA	148
Cuadro N°16:	Comparación entre el Método NAASRA y el Método AASHTO.....	149
Cuadro N°17:	Comparación entre el Método NAASRA y el Método del Instituto del Asfalto.....	150
Cuadro N°18:	Análisis Comparativo de los Métodos de Diseño de Pavimentos	150
Cuadro N°19:	Análisis Estadístico Comparativo Del Diseño Final Del Pavimento Flexible Mediante El Método NAASRA	150
Cuadro N °20	Matriz de Leopold para la evaluación del Estudio de Impacto Ambiental	151

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N°01	:	Mapa Geológico de la zona de proyecto	11
Gráfico N°02	:	Mapa Político del Perú	14
Gráfico N°03	:	Mapa de Ubicación Rioja y Posic.....	15
Gráfico N°04	:	Mapa Sísmico del Perú	18

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N°01	:	Ecuación de Diseño del Método NAASRA.....	28
Figura N°02	:	Esquema de Fabricación de las emulsiones Asfálticas	44
Figura N°03	:	Ejecución de la Imprimación	47
Figura N°04	:	Ejecución del Riego de Liga.....	47
Figura N°05	:	Proceso Constructivo de la Imprimación.....	48
Figura N°06	:	Vista Transversal de un Tratamiento Superficial . Simple	48
Figura N°07	:	Vista Transversal de un Tratamiento Superficial . Doble.....	49
Figura N°08	:	Vista Transversal de un Tratamiento Superficial . Múltiple	49
Figura N°09	:	Ejecución del Slurry Seal.....	49
Figura N°10	:	Equipo Para determinar el Módulo Resiliente Según AASHTO	54
Figura N°11	:	Elementos de las Curvas Horizontales.....	78
Figura N°12	:	Elementos de las Curvas Verticales	82
Figura N°13	:	Esquema de Secuencia del Procedimiento para el Diseño del Método de Investigación	109
Figura N°14	:	Determinación de Espesor de capa Granular base, mediante el método NAASRA.....	128
Figura N°15	:	Catálogo de Capas de Revestimiento Granular Tráfico T1.....	131
Figura N°16	:	Esquema para la obtención del espesor del asfalto mediante el método del Instituto del Asfalto.....	137

ÍNDICE DE PLANOS

Planta y Perfil Longitudinal (1/7)	PPL – 01
Planta y Perfil Longitudinal (2/7)	PPL – 02
Planta y Perfil Longitudinal (3/7)	PPL – 03
Planta y Perfil Longitudinal (4/7)	PPL – 04
Planta y Perfil Longitudinal (5/7)	PPL – 05
Planta y Perfil Longitudinal (6/7)	PPL – 06
Planta y Perfil Longitudinal (7/7)	PPL – 07
Sección Transversal (1/8)	ST – 01
Sección Transversal (2/8)	ST – 02
Sección Transversal (3/8)	ST – 03
Sección Transversal (4/8)	ST – 04
Sección Transversal (5/8)	ST – 05
Sección Transversal (6/8)	ST – 06
Sección Transversal (7/8)	ST – 07
Sección Transversal (8/8)	ST – 08
Diseño de Cunetas.	DC – 01
Diseño de Badén en el Proyecto.	BG – 01
Diseño de Subdren en el Proyecto.	SB – 01

RESUMEN

El problema que abordamos en el presente trabajo de investigación, surge como necesidad de mejorar el camino vecinal Rioja – Posic tramo del km. 00+000 al km. 6+090, Distrito y Provincia de Rioja, Región San Martín.

Dentro de los parámetros del mejoramiento surge como necesidad el diseño estructural del pavimento flexible, por lo que el autor, pretende dar solución a la necesidad que se ha presentado utilizando el “Método National Association of Australian State Road Authorities”: Asociación Nacional de Vialidad del Estado de Australia (NAASRA).

El Método NAASRA, relaciona el valor soporte del suelo (CBR) que se obtiene mediante los estudios de mecánica de suelos y las cargas actuantes sobre el afirmado, expresada en número de repeticiones de Ejes Equivalentes (EE) que se obtienen con los estudios de tráfico; parámetros que son fundamentales para la determinación del espesor de la capa de afirmado o base, sobre la cual se colocará un tratamiento superficial Monocapa y sobre ello el sellado asfáltico SLURRY SEAL de espesor 15mm.

Al diseñar el pavimento flexible mediante el método NAASRA, muestra su eficiencia y economía para caminos de bajo volumen de tránsito que frente a los métodos de diseño AASHTO e Instituto del Asfalto, que se ha procedido a su diseño con fines de comparación, resultan con costos mayores que el método NAASRA; por lo tanto podemos afirmar que el Método NAASRA es el más económico y de alta performance de tal manera que servirá como aporte en la parte de la investigación, así como en la aplicación para diferentes proyectos futuros y ser aplicados en distintas partes de nuestra Región y del País.

El Autor

ABSTRACT

The problem that we approach in the present work of investigation, arises as need to improve the local way Rioja - Posic I plan of the km 00+000 to the km 6+090, District and Province of Rioja, Region San Martin.

Inside the parameters of the improvement there arises as need the structural design of the flexible pavement, for what the author, tries to give solution to the need that one has presented using the " Method National Association of Australian State Road Authorities": Vialidad's National Association of the State of Australia (NAASRA).

The Method NAASRA, it relates the value support of the soil (CBR) that is obtained by means of the studies of mechanics of soils and the loads performers on the road-bed, expressed in number of repetitions of Equivalent Axes (EE) that are obtained by the studies of traffic; parameters that are fundamental for the determination of the thickness of the cap of road-bed or base, on which a superficial treatment will be placed he Monogelds and on it the sealed asphalt SLURRY SEAL of thickness 15mm.

On having designed the flexible pavement by means of the method NAASRA, it shows his efficiency and economy for ways of low volume of traffic that opposite to the methods of design AASHTO and Institute of the Asphalt, which one has proceeded to his design with ends of comparison, prove with major costs that the method NAASRA; therefore we can affirm that the Method NAASRA is the most economic and of high performance in such a way that it will serve as contribution in the part of the investigation, as well as in the application for different future projects and to be applied in different parts of our Region and of the Country.

The Author

I INTRODUCCIÓN

1.1 Generalidades

En los últimos años el país ha atravesado por una situación económica muy buena a comparación de los años anteriores, utilizando recursos proveniente de las exportaciones, tales como la minería, la agricultura, la pesca, el turismo; y para mejorar la actividad productiva, es menester mejorar la situación de las carreteras y caminos vecinales que posibilitan su articulación con las zonas de mayor dinamismo en la selva y en consecuencia mejorar la calidad de vida.

En el desarrollo del proyecto de tesis denominado “Diseño Estructural Del Pavimento Flexible, En El Mejoramiento del Camino Vecinal Rioja - Posic, Utilizando El Método elaborado por la National Association of Australian State Road Authorities: Asociación Nacional de Vialidad del Estado de Australia (NAASRA), Tramo Del Km. 00+000 Al Km. 6+090, Distrito y Provincia De Rioja, Región San Martín”, se ha estudiado un método que abarca la aplicación en caminos de bajo volumen de tránsito, ya que para poder saber el tipo de circulación y otros parámetros de diseño en una vía se debe tener en cuenta los estudios técnicos preliminares como el Índice Medio Diario (IMD), Análisis de Mecánica de Suelos, el clima, entre otros.

Se ha verificado que este método se ha hecho en algunas partes del Perú, que se mencionaran en el capítulo correspondiente. El propósito del proyecto es diseñar con este método y poder afirmar que su uso en caminos de bajo tránsito genera una optimización de materiales y por ende costos menores.

El procedimiento para hacer uso del método NAASRA es la misma técnica que se utiliza con otros métodos más conocidos de diseño de pavimentos flexibles (AASHTO, Instituto del Asfalto), se da a conocer estos dos métodos particulares ya que durante el desarrollo del proyecto se hará una breve comparación con el NAASRA y de esta manera concluir si sólo el método del proyecto es factible en el diseño de pavimento flexible del tramo de estudio; tendrá en cuenta principalmente el estudio del IMD procediendo al conteo de vehículos motorizados que pasan por día y al estudio de Mecánica de suelos, que se realizará mediante calicatas en todo el tramo del proyecto. El método NAASRA sólo servirá para encontrar el

espesor de la capa de afirmado o base, ya que por ser utilizado en caminos de bajo volumen de tránsito no será necesario diseñar carpeta asfáltica (pavimento estructural), se propondrá diseñar un tratamiento superficial para el pavimento flexible y de esta manera proteger la capa base o afirmado.

En lo general para diseñar una carretera hay que tener ciertos parámetros y/o antecedentes que nos ayudarán a una mejor construcción y en el Perú existen entidades encargadas en la ejecución de obras viales los cuales nos sirven como ejemplo y poder desarrollar el proyecto de tesis.

Según Provias Nacional (MTC-Perú), la red vial en el Perú está compuesta por más de 140,000 km de carreteras, organizada en tres grandes grupos: las carreteras longitudinales, las carreteras de penetración y las carreteras de enlace. La categorización de las carreteras corre a cargo del Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú (MTC); La mayoría de las rutas están a cargo de PROVIAS, organismo descentralizado del mismo Ministerio que se encarga de mantener y ampliar las vías. Por la calidad y el tipo de vehículos que las recorre podemos clasificar las vías peruanas en 3 categorías: autopistas, carreteras asfaltadas y caminos afirmados:

Las autopistas cuentan con dos carriles principales y uno de seguridad en cada sentido de circulación, separados por una berma y poseen buena señalización. En el Perú existen cerca de 300 km de autopistas que corresponden a los tramos de acceso norte y sur a Lima a través de la Carretera Panamericana.

Las carreteras asfaltadas sólo cuentan con un carril principal y una berma de seguridad en cada sentido de circulación, separadas por un interlineado. En este tipo de vía la señalización y los servicios básicos varían en relación a la cercanía de las ciudades principales. La mayor parte de las vías peruanas son caminos afirmados contruidos en base a material granular. Existen 3 tipos de caminos afirmados en el Perú: los que pertenecen a la red nacional, los caminos secundarios y vecinales y las trochas carrozables.

Estado de las Carreteras

Este es el estado de las carreteras del Perú, ordenadas según la región natural:

Carreteras en la Costa: de muy buena calidad, señalización suficiente y servicios

conexos en la mayoría de los casos. La red asfaltada es muy amplia especialmente en las cercanías de las ciudades más pobladas.

Carreteras en la Sierra: de buena calidad con varias vías totalmente asfaltadas y con buenos servicios que permiten traslados seguros a pesar de la agreste geografía, sin embargo se limita a las áreas urbanas principales, siendo predominante aún las carreteras afirmadas, sobre todo en las zonas rurales.

Carreteras en la selva: de muy buena calidad cuando son asfaltadas. Las carreteras afirmadas presentan problemas constantes de mantenimiento debido a la presencia de fuertes lluvias.

Tabla N°01: Sistema Nacional de Carreteras – SINAC

RED VIAL	Pavimentado	%	No Pavimentado	Total General	%	%
RV NACIONAL	15,310	61.3	9,665	38.7	17.7	100
RV DEPARTAMENTAL	2,340	9.7	21,895	90.3	17.2	100
RV VECINAL	1,611	1.8	90,233	98.2	65.1	100
TOTAL	19,261	13.7	121,794	86.3	100.0	100

Fuente: Oficina de Estadística, Oficina General de Planeamiento y Presupuesto OGPP-MTC- Perú

Tabla N°02: Red Vial Nacional según Departamentos y por tipo de Superficie de Rodadura, a Setiembre 2013.

DPTOS	PAVIMENTADA			NO PAVIMEN- TADA	RVN EXISTENTE	PROYEC- TADA	TOTAL RVN	% RVN PAVIM.
	Asfaltada	Solución Básica	TOTAL					
AMAZONAS	315	175	489	362	851	33	884	57.5
ANCASH	877	55	932	688	1,621	73	1,693	57.5
APURIMAC	429	148	576	528	1,105		1,105	52.2
AREQUIPA	989		989	446	1,435	65	1,500	68.9
AYACUCHO	572	1	573	1,191	1,764		1,764	32.5
CAJAMARCA	732	212	944	795	1,739	12	1,750	54.3
CALLAO	13		13	0	13		13	100.0
CUSCO	913	253	1,166	653	1,819	184	2,003	64.1
HUANCAVELICA	242	281	523	904	1,427	17	1,444	36.7
HUANUCO	303	250	553	437	990	193	1,182	55.9
IKA	564	8	572	91	663	47	710	86.2
JUNIN	691	243	934	428	1,362	56	1,418	68.6
LA LIBERTAD	504	40	544	700	1,244	100	1,344	43.7
LAMBAYEQUE	378	68	445	22	468	91	558	95.3
LIMA	956	141	1,097	521	1,618	33	1,651	67.8
LORETO	43		43	45	88	43	131	49.0
MADRE DE DIOS	399		399	0	399	625	1,025	100.0
MOQUEGUA	476		476	0	476		476	100.0
PASCO	185	87	272	293	565		565	48.2
PIURA	936		936	438	1,374	22	1,396	68.1
PUNO	1,218	177	1,396	621	2,017	14	2,031	69.2
SAN MARTIN	528	89	617	231	848	127	975	72.7
TACNA	459		459	178	637		637	72.1
TUMBES	138		138	0	138	9	147	100.0
UCAVALI	212	9	221	93	314	141	456	70.3
TOTAL	13,075	2,236	15,310	9,665	24,976	1,884	26,859	61.3
Estructura (%)	52.3	9.0	61.3	38.7	100.0			

Fuente: DS 036-2011-MTC. Actualización al 30.09.2013- Oficina de Estadística – OGPP- Ministerio de Transporte y Comunicaciones. Elaboración: PVN/OPEI/PFISICA

En la tabla N°01 se puede apreciar la clasificación de las carreteras y el total de ellas según la información del Ministerio de Transporte y Comunicaciones¹, actualizado hasta setiembre del 2013. En nuestra Región se puede apreciar que aún existen Distritos y centros poblados que no cuentan con sus carreteras y en el mejor de los casos si existieran, en su mayor parte son trochas carrozables que impiden una buena transitabilidad en zona.

En la Región San Martín, en el ámbito de la Provincia de Rioja, es necesario un plan de desarrollo de la red vial tanto en las carreteras de carácter Nacional así como las carreteras del sistema Departamental y Vecinal, para que integren la unidad del país y de esta manera facilitar la comunicación y el transporte de los vehículos y personas.

En el siguiente cuadro se muestra la Red Vial Nacional de San Martín, que especifica la longitud total de carreteras asfaltadas y afirmadas, siendo un total de 1601.58 kilómetros de longitud (808.60 kilómetros de asfaltado y 792.98 kilómetros de afirmado).

Tabla N°03: Red Vial Nacional de la Región de San Martín, a Octubre 2013.

ZONA	CODIGO DE RUTA	NOMBRE CARRETERA	LONG. (KM)	TIPO DE SUPERFICIE	
				ASFALT. (KM.)	AFFIRM (KM)
ALTO MAYO	PE-5N	LV. PTE. RIO NIEVA-MOYOBAMBA-TARAPOTO-LV. PTE. ASPUZANA	628.38	300	328.38
ALTO HUALLAGA	PE-5N	JUANJUI-TOCACHE-LV. VIAL PUENTE ASPUZANA	265	60	205
HUALLAGA CENTRAL	PE-5N	PTO LOPEZ-PICOTA-BELLAVISTA-JUANJUI	98	98	0
HC.BAJO MAYO	PE-5N	JUAN GUERRA-PTO LOPEZ	22	22	
BAJO MAYO	PE-5N	TABALOSOS-TARAPOTO-JUAN GUERRA	53	53	
ALTO MAYO	PE-5N	LV. PTE. RIO NIEVA-MOYOBAMBA-TABALOSOS	187.3	187.3	
ALTO MAYO	PE-08A	SECTOR SAN MARCOS - SORITOR EMP. PE-5N	22.6		22.6
SAN MARTIN-LORETO	PE-05NB	EMP. PE-5N-PONGO-ALLANZA-LV.PAMPA HERMOZA (LORETO)	88.3	88.3	
HUALLAGA CENTRAL	PE-10B	CALEMAR - HUICUNGO-PACHIZA EMP. PE-5N	209	0	209
HUALLAGA CENTRAL	PE-12A	SECTOR CRISNEJAS-UCHIZA-PTO.HUICTE-EMP. PE-5N	28		28
TOTAL			1601.58	808.6	792.98

Fuente: Dirección Regional de Transporte – San Martín actualizado al 16/10/2013 DS. 034-2011-MTC

¹ Raúl Torres Trujillo, Director Ejecutivo, MTC- PERÚ, Intervención en la Red Vial 2013.

Entendido así, la trascendental importancia de las redes viales y frente a la imperiosa necesidad de contar con un sistema vial eficiente que genere progreso y bienestar social, hemos elaborado el presente trabajo de Tesis, denominando "Diseño Estructural del Pavimento Flexible, en el Mejoramiento del Camino Vecinal Rioja - Posic, utilizando el Método NAASRA, Tramo del km. 00+000 al km. 6+090, Distrito y Provincia de Rioja, Región San Martín", que durante todo el proyecto se hablará sobre dicho diseño y que generalmente ha servido para carreteras de bajo volumen de tránsito.

1.2 Exploración Preliminar Orientando la Investigación

El desarrollo del trabajo de Tesis pretende desarrollar el "Diseño Estructural del Pavimento Flexible, en el Mejoramiento del Camino Vecinal Rioja - Posic, Utilizando el Método NAASRA, Tramo del km. 00+000 al km. 6+090, Distrito y Provincia de Rioja, Región San Martín", en base a los trabajos de campo y gabinete respaldados por los fundamentos teóricos que intervienen en el proyecto como son: Topografía, Mecánica de Suelos, Hidrología, Impacto Ambiental, Diseño del Pavimento, Drenaje Vial y Presupuesto debidamente optimizado.

Este proyecto de Tesis abarca el diseño estructural del Pavimento Flexible en el tramo mencionado, ya que se han hecho estudios de Mecánica de Suelos, estudios de tráfico, siendo un camino de bajo volumen de tránsito y es por ello que se ha utilizado el método NAASRA, ya que este diseño de pavimento pretende aplicar la colocación de tratamiento superficial sobre la capa de afirmado calculado según este método, siendo así la aportación para poder realizar un trabajo de calidad a un costo menor ya que otros métodos que se han comparado en el proyecto como el Método AASHTO y el Método del Instituto del Asfalto utilizan carpeta asfáltica (Pavimento estructural), siendo los costos mayores en caminos que tienen poco volumen de tránsito, y de esta manera no sería justificable poder aplicar estos tipos de pavimentos.

Con el paso del tiempo y las continuas lluvias, la superficie de rodadura de la vía se encuentra desgastada por la erosión laminar a consecuencia de las lluvias, y el tránsito liviano y semi pesado se ve limitado, por ello se ha optado hacer estudios previos definitivos que servirán para el desarrollo y realización del proyecto, que conlleva indefectiblemente a mejorar la subrasante y la estructura de las

terracerías y pavimento, elevar el nivel de rasante en ciertos tramos que son susceptibles a inundaciones, también el mejoramiento y construcción de obras de arte y drenaje, construcción de obras de protección para algunas alcantarillas, y dotarlo de cunetas revestidas de concreto.

El proyecto definitivo al ser ejecutado pretende mejorar las condiciones socioeconómicas de la población beneficiada e incorporarse al sistema de caminos vecinales de la Red Vial Regional y Nacional.

Por ello, la población beneficiaria y autoridades locales, recurren a la Municipalidad Provincial de Rioja a fin de obtener una respuesta a la necesidad de recuperar la transitabilidad vehicular permanente, a fin de solucionar el acceso y traslado de la producción agrícola hacia los mercados y fomentar la integración en la zona.

1.3. Aspectos Generales del Estudio

El proyecto ha sido formulado con el nombre: "Mejoramiento del Camino Vecinal Rioja Posic, Provincia Rioja - San Martín" habiéndosele asignado el código SNIP 190328; en el estudio de pre inversión se ha consignado al Gobierno Regional de San Martín como unidad formuladora y ejecutora; sin embargo la necesidad de que en el proyecto se incluya la zona urbana – industrial de la ciudad de Rioja, a través de convenio interinstitucional N° 054-2011-GRSM-PEAM-01.00, de fecha 05 de octubre del 2011², celebrado entre la municipalidad provincial de Rioja y el Proyecto Especial Alto Mayo, se ha reformulado el estudio y en la actualidad se denomina "Mejoramiento del Camino Vecinal SM - 502, Tramo. EMP. PE - 5N (Dv. Rioja) – Posic, Provincia Rioja - San Martín", teniendo como unidad formuladora y unidad ejecutora el Proyecto Especial Alto Mayo (PEAM).

El Camino Vecinal hacia Posic se apertura en el año de 1980 por el Proyecto Especial Alto Mayo y por la Municipalidad Provincial de Rioja.

El tramo de Rioja - Posic, cuenta con una longitud de 6.09 km, empezando en el cruce del canal bajo Tónchima, hasta llegar al cruce con la carretera Fernando Belaunde Terry kilómetro 469, carretera de penetración a Posic desde la ciudad

² Proyecto Especial Alto Mayo, Gerencia de Infraestructura, Informe N° 054-2011-GRSM-PEAM-01.00.

de Rioja con la siguiente denominación: Mejoramiento del Camino Vecinal SM - 502, Tramo. EMP. PE - 5N (Dv. Rioja) – Posic, Provincia Rioja - San Martín.

1.3.1 Ubicación Geográfica

El tramo en materia del presente estudio tiene una longitud total de 6.090 Km. y se desarrolla en la provincia de Rioja, en los distritos de Rioja y Posic, empezando en el Cruce de la Carretera Fernando Belaunde Terry con la Carretera de Penetración a Posic de la ciudad de Rioja y terminando en el Puente que cruza el río Tónchima, del Distrito de Posic.

Localidades:	Rioja, Posic
Distrito:	Rioja, Posic
Provincia:	Rioja
Región:	San Martín

Aspecto Cartográfico

- **Punto Inicial**

Comienza desde la entrada a Posic, ubicado en el Distrito de Rioja, carretera Fernando Belaunde Terry km 469)

Altitud	:	836.00 msnm
Coordenadas UTM Norte (Rioja – Posic)	:	9'330865.00
Coordenadas UTM Este (Rioja – Posic)	:	259386.00

- **Punto Final**

Finaliza hasta el Puente del Sobre Río Tónchima, que queda ubicado en el Distrito de Posic.

Altitud	:	825.97 msnm
Coordenadas UTM Norte	:	9'335,469.538
Coordenadas UTM Este	:	260,371.509

1.3.2 Clima

Según los criterios de clasificación de Leslie Holdridge³ (1907- 1999), la zona en estudio es Cálido Tropical y presenta los tipos de clima según la altitud del Camino (800 m.s.n.m. a 1000 m.s.n.m) presenta características de Bosque Tropical (bh-PT) donde la biotemperatura media anual máxima

³ Holdridge, L. R. 1967. Ecología Basada en Zonas de Vida, 1982, pág. 43.

es de 24.00 °C. Cabe recalcar que los meses normalmente considerados como verano son: Julio, Agosto.

Tabla N° 04: Altitud/Clima/Temperatura y Precipitaciones Pluviales por Provincias en la Región San Martín.

Localidades	Altitud (msnm)	Clima	Temperatura			Precipitación Pluvial Media Anual (mm)
			MAX (°C)	MED (°C)	MIN. (°C)	
Moyobamba	860	Húmedo, templado y cálido	34.	22.0	10.1	1512.0
Rioja	842	Húmedo y semi-cálido	27.	24.0	14.4	1668.0
Lamas	809	Ligeramente húmedo y semi cálido	29.	22.9	17.2	1469.7
Tarapoto	333	Semi-seco y cálido	35.	26.2	13.3	1213.0
Picota	415	Seco y cálido	36.	27.0	14.0	937.0
Bellavista	249	Seco y cálido	34.	26.0	18.0	926.6
Saposo	307	Ligeramente húmedo y cálido	34.	22.0	14.0	1589.3
Juanjuí	273	Semi – seco y cálido	35.	26.5	15.1	1438.1
Tocache	470	Cálido húmedo	38.	28.0	16.0	2367.0
San José de Sisa	600	Semi – seco y cálido	32.	24.8	17.2	1100.0

Fuente: CORDESAM. “Diagnóstico del Departamento de San Martín”. Moyobamba. 1988. (Del Documento Estudios y Evaluación de Recursos Naturales – ONERN)

1.3.3 Centros Poblados y Área de Influencia

El área de influencia es el corredor a lo largo del camino dentro del cual la población utiliza el camino para su desplazamiento y la realización de actividades económicas y sociales, considerándose áreas de influencia Directa e Indirecta. El Área de Influencia Directa (AID), es una faja de 100 m de ancho (50 m a cada lado del eje) a lo largo de la vía en estudio; en tanto que el Área de Influencia Indirecta, 2.5 Km a cada lado de la vía.

1.3.4 Accesibilidad

Al área en estudio de la del Camino Vecinal se accede de la siguiente manera: Alternativa 01: Lima-Chiclayo-Olmos-Bagua Grande-Rioja (1,497 Km.) utilizando la Carretera Panamericana Norte y luego la Carretera Fernando Belaunde Terry con una duración de 24 a 26 horas aproximadamente en ómnibus, toda la trayectoria es asfaltada.

Alternativa 02: Lima-Huánuco-Tingo María-Juanjuí-Tarapoto-Moyobamba-Rioja (1,083 Km.) utilizando la carretera Central y luego la Carretera

Fernando Belaunde Terry con una duración de 20 a 22 horas aproximadamente, en ómnibus. No obstante la menor longitud, esta ruta se encuentra a nivel de afirmado entre Puente Pizana y Juanjuí, presentando tramos en construcción, en particular el sub-tramo Juanjuí- Campanilla.

Para vía aérea, Rioja cuenta con un aeropuerto para pequeñas aeronaves de poca capacidad como avionetas y también como vía principal de llegada de aeronaves de gran tonelaje. Sin embargo el acceso de mayor importancia se da a través de la ciudad de Tarapoto, a unos 135 Km. de la ciudad de Rioja.

1.3.5 Características Socio Económicas

Según I.N.E.I⁴, la población directamente beneficiada es de 25,048.00 habitantes, asentados en el área de influencia del proyecto en las localidades de Rioja y Posic; incrementándose la misma con el aporte de los centros poblados que pertenecen al área de influencia y que utilizan la vía como único medio de comunicación y acceso a los mercados, como son los poblados de la Margen Derecha del Río Tonchima, las periferias de la Ciudad de Rioja.

Tabla N° 05: Población Actual total Proyectada

Descripción	Posic	Rioja	TOTAL
Población al 2007 (Habitantes)	1,398	22,290	23,688
Tasa de Crecimiento Anual (*)	3%	1%	
Periodo de Cálculo (año)	14	14	
Densidad (habitantes/vivienda)	4	5	
Población Proyectada al 2012 (Hab.)	1,621	23,427	25,048

Fuente: Según último censo del 2007 a nivel del departamento de San Martín, INEI

✓ Características Socio Económicas

La población beneficiada son gente del centro poblado, casi el 90% tiene acceso a los servicios básicos (agua potable, desagüe, luz eléctrica, salud y educación).

En términos generales la producción agropecuaria en la actualidad está orientada a la explotación de pequeñas extensiones de cultivos transitorios y permanentes, tales como: plátano, yuca, arroz, etc.; cuya producción está destinada en su mayor parte al autoconsumo.

⁴ Instituto Nacional de Estadística e Informática (I.N.E.I), Censo Económico Nacional 2009.

Por otro lado, la actividad pecuaria y piscicultura tiene carácter empresarial, es decir, circunscribiéndose básicamente a una crianza de ganado vacuno y porcino los cuales están aclimatados a la zona.

Tabla N° 06: Población según actividad Laboral

Actividad según agrupación	Posic	Rioja	Total	Total (%)
Agro ganadería, caza y silvicultura	392	3,105	3,497	37
Pesca	-	4	4	0
Explotación de minas y canteras	-	4	4	0
Industrias manufactureras	8	570	578	6
Suministro de electricidad, gas y agua	-	16	16	0
Construcción	14	460	474	5
Venta, mant. y repa. De Vehículo auto.	2	241	243	3
Comercio por mayor	4	66	70	1
Comercio por menor	14	1,162	1,176	12
Hoteles y restaurantes	3	410	413	4
Trans. Almac. Y comunicaciones	21	532	553	6
Intermediación Financiera	-	36	36	0
Act. Inmobil. Empresas y alquileres	2	239	241	3
Admin. Pub. Y defensa	6	198	204	2
Enseñanza	4	702	706	7
Servicios sociales y de salud	-	243	243	3
Otras actividades serv. Común	3	189	192	2
Hogares privados y servicios domes.	4	316	320	3
Actividad económica no especificada	9	437	446	5
Total	486	8930	9,416	100
Total (%)	5	95	100	

Fuente: Según Censo Nacional de XI de población y VI de Vivienda 2007

Tabla N° 07: Superficie cosechada y producción agrícola en la zona del Proyecto.

CULTIVOS	Ha	Rend.(Kg/ha)	Prod.
Arroz	600.00	4,000.00	2,400,000.00
Pastos	120.00		0.00
Café	58.00	1,400.00	81,200.00
Plátano	20.00	12,832.00	256,640.00
Cacao	25.00	500.00	12,500.00
Maíz	10.00	1,869.00	18,690.00
Yuca	8.00	13,752.00	110,016.00
Frijol grano	5.00	991.00	4,955.00
Caña de azúcar	80.00	800.00	64,000.00
Otros productos	145.00	300.00	43,500.00
TOTAL	1,071.00		2,991,501.00

Fuente: Dirección Regional de Agricultura – San Martín.

1.3.6 Características Físicas

Los rasgos geomorfológicos están estrechamente controlados por las estructuras resultantes de los procesos tectónicos recientes y el tipo de litología. Así como los eventos más recientes que son los que han dado la *geomorfología actual*.

Según INGEOMIN-1975⁵, Esta región se ubica en la zona morfo-estructural llamada Faja Subandina (Selva Alta), donde afloran rocas sedimentarias mesozoicas y cenozoicas de origen continental, tectonizadas por pliegues y fallas a fines del Terciario y durante el Cuaternario. El ámbito geomorfológico de esta región es de singular importancia; en ella tiene su más amplio desarrollo la zona de deformación subandina, constituyendo una zona geodinámicamente muy activa y reciente (interna y externa).

En la región se diferencian nítidamente tres unidades macrogeomorfológicas o grandes bloques morfo-estructurales: La Cordillera Oriental, la Faja Sub-Andina (IGN, 1982) y la Depresión Amazónica Oriental o Selva Baja.

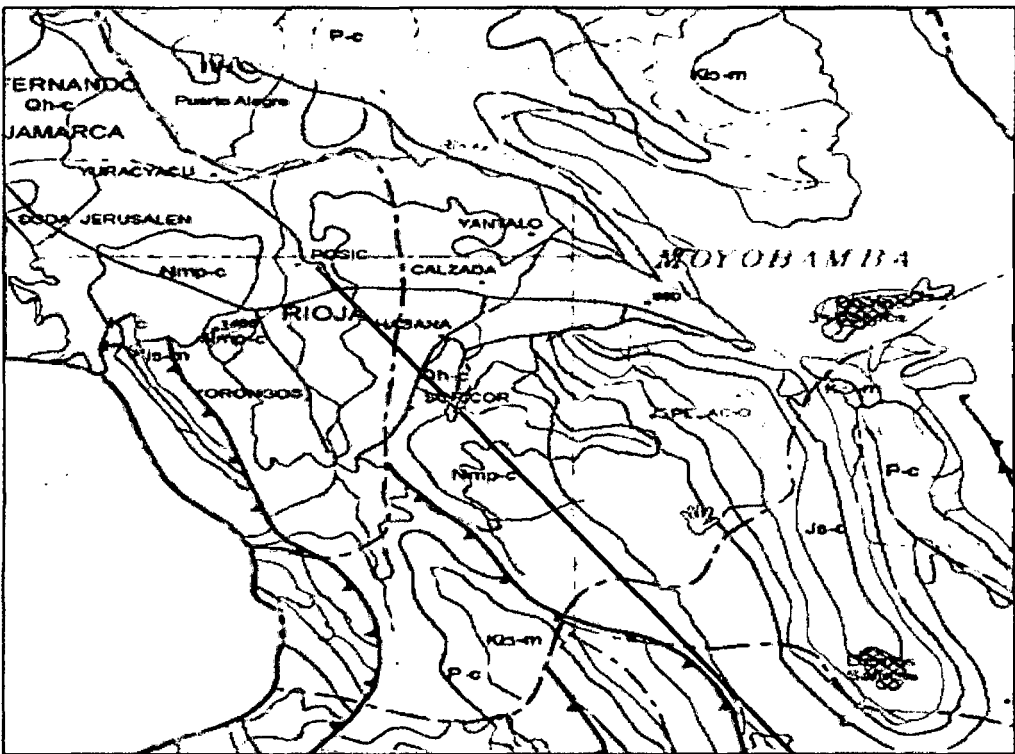


Gráfico N°01: Mapa Geológico de la zona del proyecto.

Fuente: INGEMMET, Perú, cuadrángulo de Rioja (13 i), 1997

Área del proyecto (Rioja - Posic)

⁵ INDECI, Mapas de Peligros de la Ciudad de Rioja, Informe Final, pág. 25.

Tabla N° 08: Leyenda del Mapa Geológico de Rioja.

LEYENDA				
ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICA	
CENOZOICA	CUATERNARIO	HOLOCENA	Depositos fluviales	Qh- n
			Depositos aluviales	Qh- al
		PLEISTOCENA	depositos aluviales	Qp- al
	NEÓGENO	PLIOCENA	Formacion ipururo	N- l
	PALEÓGENO	EOCENA		
		PALEOCENA	Formacion yahuarango	P- y
MESOZOICA	CRETÁCEO	SUPERIOR	Formacion cachiyacu - huchpayacu	Ks- c, h
			formacion Vivian	Ks- v
			Formacion chonta	Kls- ch
		INFERIOR	Formacion agua caliente	Kl- ac
			Formacion esperanza	Kl- e
			Formacion cushabatay	Kl- c
	JURÁSICO	SUPERIOR	Formacion sarayaquillo	Js- S
		INFERIOR	Formacion condorsinga	Jl- C
			Formacion Aramachay	Jl- a
			Formacion chamberá	Jl- Ch
PALEOZOICA	TRIÁSICO	INFERIOR		
	PÉRMICO	SUPERIOR	Grupo mitu	PsTr- m

Fuente: INGEMMET - Perú, cuadrángulo de Rioja (13 i), 1997

1.3.7 Estratigrafía

En la zona de la localidad de Posic existen materiales del cuaternario reciente, según muestra el gráfico N° 01, las mismas que están constituidas principalmente por:

Cuaternario Reciente:

Según Martínez A. (1968)⁶, Indica que este sistema está formado por depósitos aluviales, fluviales, talud de escombros y suelos residuales, compuestas por limos, arcillas y gravas inconsolidados.

La gran variedad de rocas que se encuentra en la zona es fácilmente agrupable en nueve unidades lito-estratigráficas, que corresponden a ciclos diferentes de sedimentación, algunas de las cuales tienen relaciones de cambios de facies, o sea que en una misma cuenca se depositaban al mismo tiempo tres o más clases de rocas, como las formaciones cretácicas

⁶ Martínez Alberto, INDECI, Mapas de Peligros de la Ciudad de Rioja 1968, Informe Final, pág. 36.

y las del Cuaternario, lo que hace algo complicada la sucesión estratigráfica. El apilamiento normal y secuencial de los sedimentos sobrepasa los 5900 m. de espesor, como se da en la columna estratigráfica de la cuenca alta del río Mayo, dispuesto en una sucesión de estratos (capas delgadas o potentes), que en algunas partes ha sido erosionada totalmente, dejando al descubierto a las más antiguas. Consiste de sedimentos arcillosos y arenosos con intercalaciones de conglomerados finos y fragmentos de rocas variados que es un material de mejoramiento de la cantera de Cerro Porvenir. Según el INDECI⁷ en el mapa de peligro de la ciudad de Rioja afirma que estos depósitos presentan sedimentación errática y alternada con suelos orgánicos a lo largo de la carretera, la posición de las capas de acuerdo a la antigüedad de formación, en la columna geológica sería la siguiente, de los suelos más modernos al sustrato rocoso más antiguo.

- | | |
|-------------------------------|-------------------------------------|
| • Suelos Coluvio – Residuales | * Cuaternario Reciente (Holoceno) |
| • Suelos Aluviales | * Cuaternario reciente |
| • Suelos Aluviales | * Cuaternario Antiguo (Pleistoceno) |
| • Rocas Lutitas | * Terciario. |

Debido a su forma de deposición, el tramo Rioja - Posic, la expresión del relieve es de colinas semiplanas con laderas uniformes, topografía semiplana, que corresponden a toda la zona hasta la finalización del tramo, como consecuencia de rellenos aluviales y posterior rellenos por el hombre, se observan terrazas aluviales, las cuales se caracterizan por presentar una topografía de terrenos llanos con pendientes mínimas.

A continuación vemos la ubicación del departamento de San Martín y la ubicación del área del proyecto:

⁷ INDECI, Mapas de Peligros de la Ciudad de Rioja, Informe Final, pág. 29.

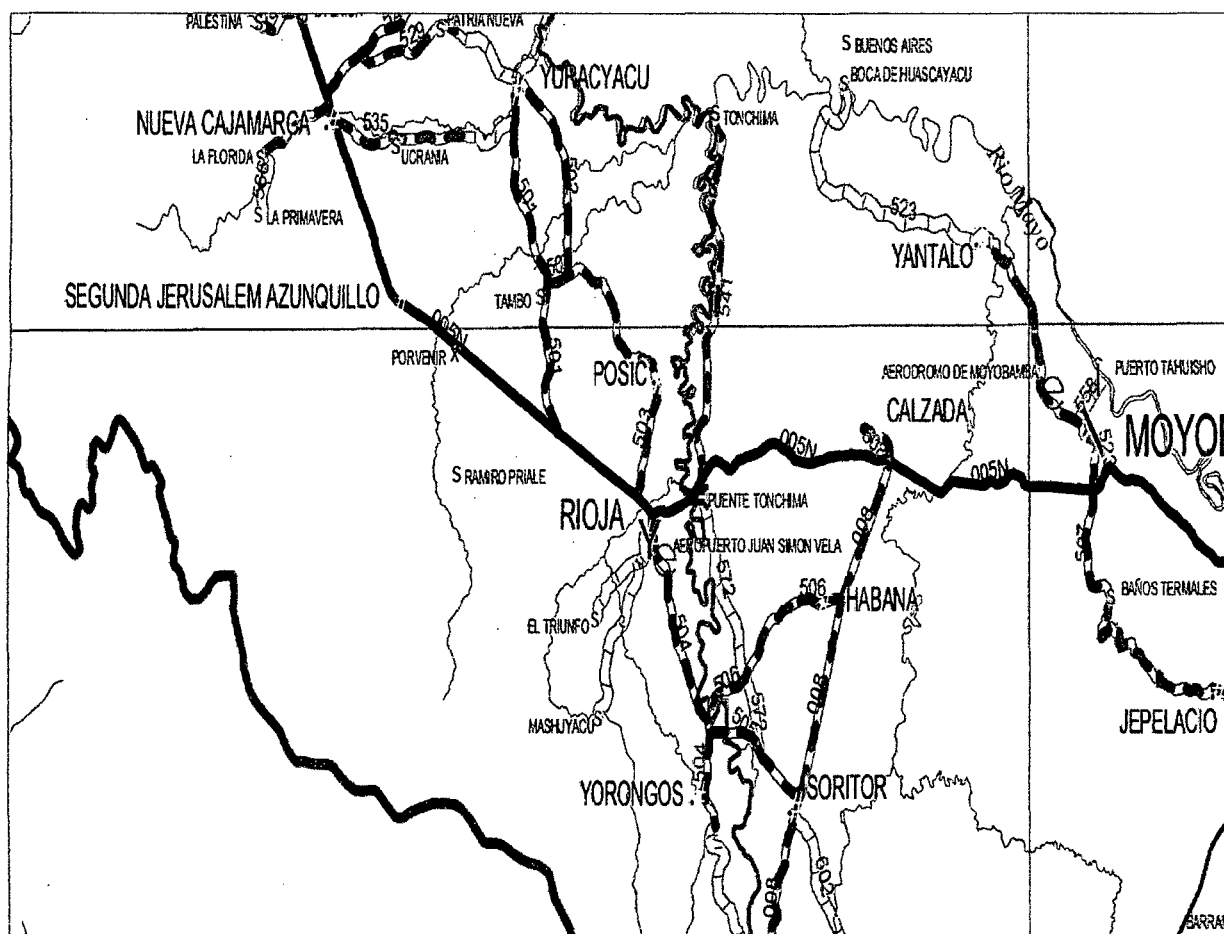


Gráfico N°03: Mapa de Ubicación Rioja y Posic
Fuente: Red Vial Departamental, MTC- Perú.

1.3.8 Actividades Principales y Niveles de Vida

La población beneficiada son gente de la ciudad, casi el 90% tiene acceso a los servicios de agua potable, desagüe y salud.

En términos generales la producción agropecuaria actual está orientada a la explotación de pequeñas extensiones de cultivos transitorios y permanentes, tales como: plátano, yuca, arroz, etc.; cuya producción está destinada en su mayor parte al autoconsumo. Por otro lado, la actividad pecuaria y piscicultura tiene carácter empresarial, circunscribiéndose básicamente a una crianza de ganado vacuno y porcino los cuales están aclimatados a la zona.

Se indica que el total de área es 5,172.15 Has, de las cuales solo las 2,581Has son zonas productivas, de los cuales las 2,591.25 Has están preparadas para la producción y son las que efectivamente tienen explotación agropecuaria.

Para lo cual se indica los rendimientos de la producción por área agrícola trabajada.

Tabla N° 09: Superficie Cosechada en el área del Proyecto.

CULTIVOS	Superficie cosechada (%)
Arroz	47.60
Pastos	23.20
Café	12.10
Plátano	5.60
Cacao	7.80
Maíz	0.70
Yuca	0.70
Caña de azúcar	0.50
Otros productos	1.80
TOTAL	100.00

Fuente: Dirección Regional de Agricultura – San Martín.

1.3.9 Características Físicas

Los rasgos geomorfológicos están estrechamente controlados por las estructuras resultantes de los procesos tectónicos recientes y el tipo de litología. Así como los eventos más recientes que son los que han dado la geomorfología actual.

Debido a su forma de deposición, el tramo Rioja - Posic, la expresión del relieve es de colinas semiplanas con laderas uniformes, topografía semiplano, que corresponden a todo la zona hasta la finalización del tramo, como consecuencia de rellenos aluviales y posterior rellenos por el hombre, se observan terrazas aluviales, las cuales se caracterizan por presentar una topografía de terrenos llanos con pendientes mínimas.

• **Climatología:** El Distrito de Rioja, posee un clima cálido⁸, que abarca toda la extensión del valle de dicho Distrito. En el Valle de este Distrito se encuentran gran cantidad de plantas cultivables y útiles; como también una gran variedad de maderas que necesitan un alto porcentaje de calor y humedad.

⁸ INDECI, Mapas de Peligros de la Ciudad de Rioja, Informe Final, pág. 06.

•**Precipitación:** Las precipitaciones pluviales tienen dos épocas bien marcadas durante el año: una lluviosa entre los meses de Diciembre a Mayo, y otra en los meses de Junio y Noviembre.

El promedio de precipitaciones pluviales total varía entre 1000 mm y 1400 mm al año.

El número de días de lluvia varía entre 84 y 114 a lo largo del año.

Las precipitaciones promedian el 40.5 mm.

•**Temperatura:** Las temperaturas que corresponden a este tipo climático fluctúan entre 22°C y 32°C y decrece hasta una temperatura mínima de 16°C en el mes de Junio.

•**Humedad Relativa:** Sigue la misma tendencia que la precipitación pluvial, es decir, se incrementa en los sectores cercanos a las estribaciones de la cordillera: En el sector de Rioja se encuentra variaciones entre un 76% al 88%.

•**Sismicidad,** Según Martínez A. (1968)⁹, indica que la sismicidad de la ciudad de Rioja está relacionada con las fallas geológicas superficiales de Angaiza y de Pucatambo (sismos superficiales que empezaron a afectar a esta ciudad en 1968), así como a la tectónica de placas (sismos de mayor profundidad) cuya manifestación más reciente afectó a toda la región amazónica el 25 de setiembre de 2005.

Según el mapa de Zonificación Sísmica del Perú¹⁰, el área de estudio se ubica en una Zona de influencia altamente sísmica (Zona 2), según el mapa sísmico del Perú.

1.3.10 Población Económicamente Activa

Entre las localidades de Rioja y Posic se cuenta con una Población de 1,621 Habitantes, de los cuales el 45.86 % corresponden a personas entre los 16 y 65 años de edad, que son los que conforman la población económicamente activa¹¹.

⁹ Martínez Alberto, INDECI, Mapas de Peligros de la Ciudad de Rioja 1968, Informe Final, pág. 43.

¹⁰ Norma Técnica de construcción E030, Diseño Sismo resistente – 1989, pág. 11

¹¹ I.N.E.I, Censo Nacional de XI de población y VI de Vivienda 2007

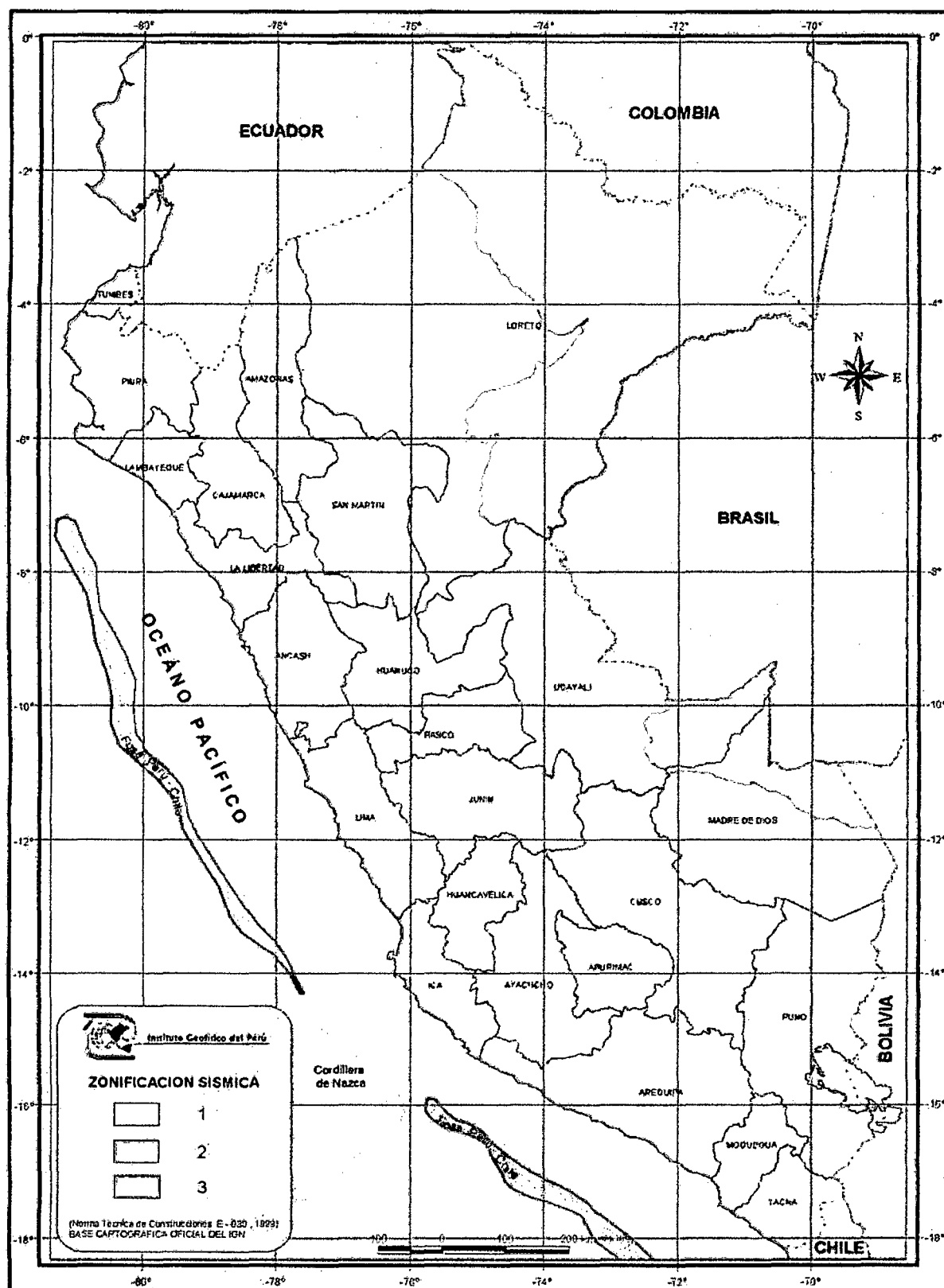


Gráfico N°04: Mapa Sísmico del Perú

Fuente: Base Cartográfica Oficial del IGN (Norma Técnica de construcción E030 – 1989)

Cuadro N° 01: Población Actual Total

Descripción	N° de Personas
RIOJA	
Población al 2007 (Háb)	23,427
Tasa de Crecimiento Anual (*)	1.00%
POSIC	
Población Proyectada al 2010 (Háb)	1,621
Tasa de Crecimiento Anual (*)	3.00%
TOTAL	25,048

Fuente: INEI /Elaboración Propia, Según el último Censo del 2007 a nivel de todo el departamento de San Martín.

1.3.11 Descripción del Proyecto

El proyecto de tesis abarca el mejoramiento del camino vecinal Rioja – Posic con una longitud total de 6,090.00 metros, que consistirá en primera instancia en poder realizar los estudios de tráfico de la vía, que nos conllevará a saber la cantidad de vehículos que pasan por día de esta manera se sabrá si el tráfico es denso o mínimo, fuera de esto, se tendrá en cuenta la mecánica de suelos que será de gran importancia para verificar los tipos de estratos que tiene el área del proyecto y de esta manera poder saber qué tipo de suelo se utilizará para el afirmado. Para poder conservar la vía se optará por determinar una capa de asfalto, que durante el proyecto se establecerá.

II MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes, Planteamiento, Delimitación y Formulación del Problema.

2.1.1 Antecedentes del Problema

El tramo del proyecto, presenta un deterioro visible en la superficie de rodadura con presencia de hundimientos, baches profundos, bermas indefinidas, dificultando el tránsito de vehículos, el deterioro e insuficiencia del sistema de drenaje, la carencia de señalización y falta de cuidado del medio ambiente, siendo su principal causa la falta de mantenimiento adecuado desde su construcción.

La historia del camino vecinal Rioja – Posic se remonta desde el año de 1960, el primer trazo fue realizado para una trocha de camino peatonal, el cual fue construido con el apoyo de la Junta de Obras Públicas (JOB), que servía de conexión desde el distrito de Posic hasta salir a la ciudad de Rioja. Luego para el año de 1975 al año de 1980 fue el estado Peruano a través del Ministerio de Transporte y Comunicaciones con la Empresa Bion Selva el encargado de ejecutar el mejoramiento del camino vecinal Rioja Posic a nivel afirmado hasta el año 2012, y desde ese año se comenzó a realizar los estudios para la realización del Mejoramiento del Camino Vecinal SM - 502, Tramo. EMP. PE - 5N (Dv. Rioja) – Posic, Provincia Rioja - San Martín, teniendo como unidad formuladora y ejecutora el Proyecto Especial Alto Mayo (PEAM)¹², es por ello que viendo los antecedentes del camino vecinal Rioja – Posic, será necesario el mejoramiento diseñando un pavimento flexible, dando como resultado un camino vecinal pavimentado, diseñado con el método propuesto en el desarrollo del proyecto de tesis y de esta manera brindar una mejor calidad de vida en los pobladores.

2.1.2 Planteamiento del Problema

Inicialmente al diseñar la carretera se hizo uso de un tipo de tren de carga; pasado el tiempo las actividades económicas demandan vehículos de

¹² Municipalidad Distrital de Posic, Gerencia de Infraestructura.

mayor capacidad lo cual trae consigo que las repeticiones de carga incidan en la subrasante deformándola sustancialmente debido a la deficiencia del espesor del afirmado, la falta de una capa protectora de pavimento ya sea estructural o tratamiento superficial según corresponda los estudios, además otro problema del proyecto está planteado por el deterioro de la superficie de rodadura debido a la inexistencia de drenaje de agua siendo aún más los daños causados en el camino vecinal Rioja – Posic, por lo cual se mejorará el sistema de drenaje pluvial colocando alcantarillas, subdrenes y cunetas; se tendrá en cuenta levantar la rasante a un nivel superior, calculando mediante el Método NAASRA el espesor que tendrá la capa de afirmado o base para luego proponer y proceder a diseñar el pavimento flexible en este caso haciendo uso del tratamiento superficial Mono capa y Slurry Seal ya que por ser un camino de bajo volumen de tránsito no es justificable hacer uso de pavimento estructural, pero en este proyecto de tesis se ha hecho comparaciones con dos métodos (AASHTO y el Instituto del Asfalto) para comprobar la eficacia y la economía que nos proporciona el método NAASRA.

2.1.3 Delimitación del Problema

La utilización del tratamiento superficial Slurry Seal en los 6.09 kilómetros diseñado por el método NAASRA para proteger la estabilidad de la estructura del afirmado asegurando el aislamiento que las aguas de las precipitaciones pluviales se infiltren en el afirmado y que al mismo tiempo esta estructura responda a las exigencias de las cargas solicitantes (tránsito vehicular) y comprobar que este método es eficiente y más económico que los otros métodos comparados en el proyecto.

2.1.4 Formulación del Problema

El problema de investigación está enunciado en dos preguntas fundamentales:

¿De qué manera el diseño estructural del pavimento flexible utilizando el Método NAASRA mejorará el camino vecinal Rioja-Posic, tramo Km 00+000-Km 6+090?

¿Cuál es el motivo por lo que se mejorará el pavimento flexible del camino vecinal Rioja-Posic, tramo Km 00+000-Km 6+090?

2.2 Objetivos: General y Específico

2.2.1 Objetivo General

Diseñar la estructura del pavimento flexible utilizando el método NAASRA, para el mejoramiento del Camino Vecinal Rioja – Posic tramo del km. 00+000 al km. 6+090, Distrito y Provincia de Rioja, Región San Martín.

2.2.2 Objetivos Específicos

- Investigar el comportamiento geotécnico de la subrasante con la finalidad de determinar el módulo de resiliencia.
- Determinar el Índice Medio Diario (IMD), en función del cual se calculará el Número de Repeticiones de ejes equivalentes, que se utilizará en el diseño del método NAASRA.
- Determinar las características mecánicas de los suelos para la construcción de la capa de afirmado.
- Selección de los agregados inertes para la elaboración de la mezcla asfáltica (Slurry).
- Determinar los espesores de las capas del pavimento por medio de los métodos AASHTO e Instituto del Asfalto.

2.3 Justificación de la Investigación

El mejoramiento del proyecto vial Rioja – Posic tramo del km. 00+000 al km. 6+090 con la aplicación del método NAASRA, se trata de contribuir a un mejor desempeño del pavimento flexible, teniendo en cuenta el estudio definitivo del suelo, el tipo de tráfico de esta zona y el índice de tránsito. Al analizar el método NAASRA y teniendo funcionalidad del proyecto, se elevará la economía y los niveles básicos de vida de los habitantes de esta zona, ya que este método sólo se utiliza para caminos de bajo volumen de tránsito y por ende nuestro proyecto abarca y justifica el uso del método NAASRA como propuesta de la tesis.

Básicamente nos servirá como una guía para futuros Proyectos ya que este método sería utilizado para el diseño de pavimento flexible en otros estudios y proyectos con ventajas comparativas con diferentes métodos usados en la región y en el país, teniendo en cuenta su durabilidad y funcionabilidad en el tiempo.

Este método ha sido practicado por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones del Perú para caminos de bajo volumen de tránsito pero aún no ha sido muy reconocido en las ejecuciones de proyectos, es muy importante recalcar que al diseñar con el método NAASRA para caminos con un IMD menor a 400 vehículos por día es más rentable, ya que sólo utiliza una sola capa base de afirmado a comparación con otros métodos que utilizan sub base y base.

Al hacer uso de este método se podrá diseñar un pavimento de menor costo, ya que se utilizará tratamiento superficial en vez de carpeta asfáltica (Pavimento Estructural).

En la tesis se compara con otros dos métodos de diseño de pavimentos, el método AASHTO y el método del Instituto del Asfalto, analizando los resultados se demostrará que el método NAASRA es más eficiente en caminos de bajo volumen de tránsito, siendo de esta manera el método óptimo en lo que respecta a las solicitudes de diseño.

El método de diseño NAASRA que relaciona el valor soporte del suelo (CBR) y la carga actuante sobre el afirmado, expresada en número de repeticiones de Ejes Equivalentes (EE), que conceptualizaremos en el marco teórico.

El método de diseño AASHTO desarrolla un método mecanicista en el que se puede desarrollar en base a los principios fundamentales de esfuerzos y deformaciones a la que será introducida a las ecuaciones matemáticas respectivas para el cálculo de la estructural del pavimento.

El método de diseño del Instituto del Asfalto, considera la estructura de un pavimento como un sistema elástico de capas múltiples; el material en cada una de las capas se caracteriza por su módulo de elasticidad.

La metodología de diseño para cada uno de los métodos estudiados se basa en lo siguiente:

- a) Para calcular el espesor del afirmado mediante el método NAASRA se debe de tener datos del CBR de la subrasante, que se obtiene mediante la mecánica de suelos y el número de repeticiones de Ejes Equivalentes, que se obtiene mediante el IMD (índice Medio Diario) según estudios de tráfico, estos datos son reemplazados en la ecuación del mismo método y por consiguiente se obtiene el espesor del afirmado o base, para luego diseñar el espesor del pavimento.
- b) Para calcular el espesor mediante el método de diseño AASHTO, hay que tener en cuenta los parámetros que se aplican (variables en función del tiempo, en función del tránsito, la confiabilidad, propiedades de los materiales, drenaje, número estructural, teniendo presente el año de publicación de la guía de diseño) y de esta manera poder introducir en la ecuación del mismo método y calcular el espesor de la sub- base, la base y por ende el espesor del afirmado.
- c) Para calcular el espesor mediante el método de diseño del Instituto del Asfalto se debe tener en cuenta el CBR de la subrasante pero ya convertido en el módulo de resiliencia, el análisis de tráfico, el tipo de clima para luego introducir todos estos datos a un cuadro donde nos proporcionará los espesores correspondientes a la estructura del pavimento flexible.

Se hará la comparación de los métodos para diseñar el espesor del pavimento en el tramo de la carretera Rioja – Posic; para un camino de bajo volumen de tránsito; buscando diseñar a un costo menor pero con la misma calidad que los métodos de diseño convencionales.

2.4 Delimitación de la Investigación

La presente Investigación está delimitada por el área del estudio a realizarse en este caso en el Camino Vecinal Rioja – Posic tramo del km. 00+000 al km. 6+090, Distrito y Provincia de Rioja, Región San Martín y se circunscribe al área delimitada por la vía de dicho camino más la franja dentro del derecho de vía a ambos costados, según sea necesario.

2.5 Marco Teórico

2.5.1. Antecedentes de la Investigación

Austroads¹³ es el organismo líder en Australia para el transporte por carretera. Austroads produce los estándares de Australia para la construcción de carreteras y el diseño de pavimento flexible, así como directrices para la planificación urbana. El nombre fue cambiado a "Asociación Nacional de Vialidad del Estado de Australia (NAASRA)" en octubre de 1959. En 1960 NAASRA creó la Junta de Estudios de Carreteras Australiano (ARRB) a mejorar la coordinación y fomentar la investigación sobre todos los aspectos de la carretera de decisiones, la planificación y la gestión.

En lo referente a trabajos relacionados (tesis) no se ha encontrado ningún proyecto con la aplicación del método NAASRA, es por el cual se hará un breve comentario de la aplicación en algunas carreteras a nivel nacional en el cual se aplicó este método, siempre y cuando teniendo en cuenta que fueron caminos de bajo volumen de tránsito.

Para poder desarrollar este proyecto de tesis debemos de tener en cuenta los proyectos anteriores en los que se ha calculado el espesor del pavimento flexible utilizando el Método **NAASRA**¹⁴, haciendo mención de la ubicación, las garantías que proporcionó y de esta manera analizado el beneficio y su rentabilidad a comparación de otros métodos que hemos utilizado y de esta manera sea útil en la performance de las carreteras y utilizarlo en el Mejoramiento de la Superficie de Rodadura del Camino Vecinal Rioja - Posic.

Se ha encontrado en diferentes partes del Perú, dentro del ámbito de la región de la selva, la realización de la carretera Chachapoyas - Molipampa - Rodríguez de Mendoza- La Punta¹⁵, para cuyo proyecto contaron con información básica entre ello, ensayos de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Estudio de Tráfico.

¹³ <http://www.ozroads.com.au/NationalSystem/naasra.htm>, 02-10-14

¹⁴ MTC, Manual de Diseño de Caminos No Pavimentados de Bajo volumen de Tránsito N° 303-2008-MTC, pág. 105

¹⁵ MTC, Proyecto Especial de infraestructura de Transporte Nacional - Provias Nacional Chachapoyas.

Para la optimización del pavimento se requirió la estabilización de la capa de base estructural y una superficie tratada con mortero asfáltico. Para el diseño del pavimento se ha utilizado dos métodos, AASHTO¹⁶ y el Método NAASRA. Sin embargo, por las condiciones climáticas y condiciones de los agregados, los estudios recomiendan los espesores obtenidos por el Método AASHTO.

En el ámbito Nacional se averiguó la existencia de utilización de este método en la Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Paucará - Paccho - Huancapite, Distritos de Andabamba y Paucará, Provincia de Acobamba, Huancavelica¹⁷, en la cual las condiciones de transitabilidad de esa carretera no eran las adecuadas, condición que produce la lentitud y la interrupción del transporte ocasionando elevados costos de la materia prima, pues estos se ven influenciados en la alza de precios debido al incremento del costo de transporte, lo que a su vez afecta de sobremanera a los productores, cuyos ingresos netos se ven afectados.

Siguiendo el tema, se encontró otro proyecto basado en este método, el cual está ubicado en el departamento de Madre de Dios, llamado "Mejoramiento y Construcción Del Camino Vecinal Dv. Km. 43 Tahuantinsuyo - Quebrada Chonta (Margen Izquierdo, Carretera Puerto Maldonado - Cusco), Región Madre De Dios"¹⁸

Ubicación

❖ Región	:	Madre de Dios
❖ Provincia	:	Tambopata
❖ Distrito	:	Tambopata

Localidad : Desvío Km. 43, Centro Poblado de Tahuantinsuyo - Quebrada Chonta, Margen izquierdo (Carretera Puerto Maldonado - Cusco)
El Consultor, consideró para el dimensionamiento de los espesores de la capa de afirmado, el método NAASRA.

¹⁶ MTC, Manual de Diseño de Caminos No Pavimentados de Bajo volumen de Tránsito N° 305-2008-MTC/02, pág. 122

¹⁷ Proyecto Especial de infraestructura y Obras, Gobierno Regional de Huancavelica.

¹⁸ Oficina de Infraestructura y Obras, Gobierno Regional de Madre de Dios.

2.5.2. Marco Teórico

Los aspectos teóricos que se van a tener en cuenta para el proyecto de tesis es de gran importancia, ya que es necesario saber los conceptos básicos de lo que respecta los estudios para el diseño y aplicación en el proyecto, es por ello que se hará un listado de conceptos básicos de pavimentos, métodos estudiados, el método NAASRA propiamente dicho, y otros aspectos teóricos que servirán durante la constitución del proyecto de tesis.

Además se ha colocado conceptos básicos de mecánica de suelos y estudios de tráfico, que han sido desde el principio de gran utilidad en la búsqueda de los resultados y tener conocimientos básicos de estas ramas ya que el proyecto de tesis está basado generalmente en conceptos de las ramas mencionadas.

2.5.2.1 Aspectos Sobre el Diseño del Pavimento

2.5.2.1.1 Método NAASRA

▪ Definición

Según NAASRA- 1979, MTC¹⁹, Para el diseño de pavimentos "afirmados" se presenta una ecuación, la referencia data de 1979. NAASRA poseen procedimientos de diseños actualizados, que contempla límite de deformaciones a nivel subrasante, deflexiones y perdida de la capa de afirmado por efecto de clima y perfilados propios del mantenimiento.

La ecuación del método NAASRA, que relaciona el valor soporte del suelo (CBR) y la carga actuante sobre el afirmado, expresada en número de repeticiones de Ejes Equivalentes (EE).

Donde:

$$e = (219-211*(\log_{10}CBR)+58*(\log_{10}CBR)^2)*\log_{10}*(Nrep/120)$$

Donde:

e = Espesor de la capa de afirmado en mm.

¹⁹ AUSTROADS- 1979, MTC, Manual de Diseño de Caminos No Pavimentados de Bajo volumen de Tránsito N° 303-2008-MTC/02, pág. 100

CBR = Valor del CBR de la subrasante.

Nrep = Número de repeticiones de Ejes Equivalentes (EE) para el carril de diseño.

Y con el siguiente cuadro determinaremos el espesor de la capa de revestimiento granular para la ecuación dada:

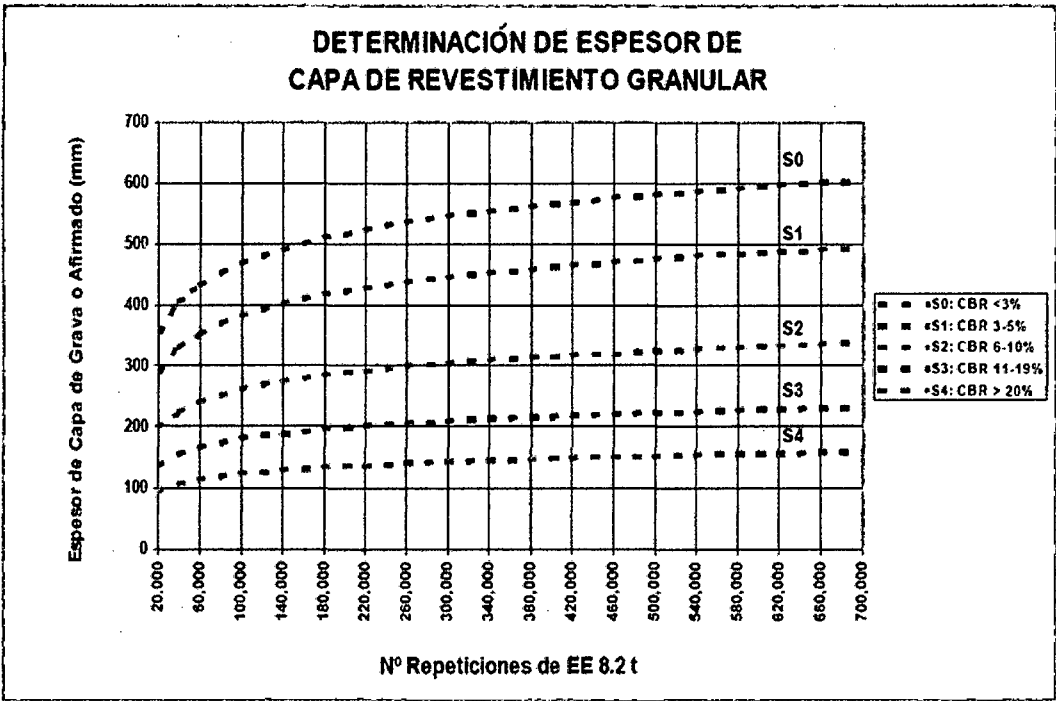


Figura N° 01: Ecuación de Diseño del Método NAASRA²⁰.
Fuente: Elaboración en base a la ecuación de diseño del método NAASRA.

Nrep de EE_{8.2 tn} = \sum [EE_{día-carril} x Fca x 365]... ecuación EE

A. **EE_{día – carril} = IMD_{pi} x Fd x Fc x Fv_{pi} x F_{pi} (1)**

- 1. **EE_{día-carril}**: Ejes equivalentes por cada tipo de vehículo pesado por día, para el carril de diseño. Resulta del IMD por cada tipo de vehículo pesado, por el factor Direccional, por el factor carril de diseño, por el Factor Vehículo Pesado del tipo seleccionado y por el Factor de Presión de neumáticos.
- 2. **IMD_{pi}**: índice medio diario según tipo de vehículo pesado seleccionado.

²⁰ AUSTROADS- 1979, MTC, Manual de Diseño de Caminos No Pavimentados de Bajo volumen de Tránsito N° 303-2008-MTC/02, pág. 105

3. Fd: Factor direccional, según Tabla N° 10

Número de calzadas: 1 calzada.

Número de sentidos: 2 sentidos.

Número de carriles por sentido: 1

Dando como resultado Fd: 0.50, según Tabla.

4. Fc: factor carril de diseño, según Tabla N° 10

Número de calzadas: 1 calzada.

Número de sentidos: 2 sentidos.

Número de carriles por sentido: 1

Dando como resultado Fc: 1.00, según Tabla.

5. Fvpi: Factor vehículo pesado del tipo seleccionado, según Tabla N° 12.

6. Fpi: Factor de presión de neumáticos. Según Tabla N°13

B. Fca: Factor de crecimiento acumulado por tipo de vehículo Pesado. Según Tabla N°11

• Factor Fca: $[(1 + r)^n - 1] / r$ (2)

Donde: r = Tasa anual de crecimiento.
n = Periodo de diseño.

C. 365: Número de días del año.

Desarrollando la ecuación EE:

$$\text{Nrep de EE}_{8.2 \text{ tn}} = \sum [\text{EE}_{\text{dia-carril}} \times \text{Fca} \times 365]$$

Reemplazando el valor de $\text{EE}_{\text{dia-carril}}$ en EE:

$$\text{Nrep de EE}_{8.2 \text{ tn}} = \sum \text{IMD}_{\text{pi}} \times \text{Fd} \times \text{Fc} \times \text{Fvpi} \times \text{Fpi} \times \text{Fca} \times 365$$

Reemplazando $\text{Fd} = 0.50$ y $\text{Fc} = 1.00$ se tiene:

$$\text{Nrep de EE}_{8.2 \text{ tn}} = \sum \text{IMD}_{\text{pi}} \times 0.5 \times 1.00 \times \text{Fvpi} \times \text{Fpi} \times \text{Fca} \times 365$$

Ecuación EE simplificada:

$$\text{Nrep de EE}_{8.2 \text{ tn}} = 182.5 \sum \text{IMD}_{\text{pi}} \times \text{Fvpi} \times \text{Fpi} \times \text{Fca} \dots\dots\dots (3)$$

Tabla N° 10: Factores de distribución Direccional y de Carril para determinar el tránsito en el carril de Diseño.

Numero de Calzadas	Numero de sentidos	Número de carriles por sentido	Factor Direccional (Fd)	Factor carril (Fc)	Factor ponderado Fd x Fc para carril de diseño
1 calzada (para IMD a total de la calzada)	1 sentido	1	1.00	1.00	1.00
	1 sentido	2	1.00	0.80	0.80
	1 sentido	3	1.00	0.60	0.60
	1 sentido	4	1.00	0.50	0.50
	2 sentidos	1	0.5	1.00	0.50
	2 sentidos	2	0.5	0.80	0.40
2 calzadas con separador central (para IMD a total de las dos calzadas)	2 sentidos	1	0.5	1.00	0.5
	2 sentidos	2	0.5	0.80	0.40
	2 sentidos	3	0.5	0.60	0.30
	2 sentidos	4	0.5	0.50	0.25

Fuente: elaboración en Base a datos de la Guía AASHTO 93

Tabla N° 11: Factores de Crecimiento Acumulado (Fca) para el cálculo de número de Repeticiones de EE.

Periodo de análisis (años)	Factor sin crecimiento	Tasa anual de crecimiento (r)							
		2	3	4	5	6	7	8	10
1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2	2.00	2.02	2.03	2.04	2.05	2.06	2.07	2.08	2.10
3	3.00	3.05	3.09	3.12	3.15	3.18	3.21	3.25	3.31
4	4.00	4.12	4.18	4.25	4.31	4.37	4.44	4.51	4.64
5	5.00	5.20	5.19	5.42	5.53	5.64	5.75	5.87	6.11
6	6.00	6.31	6.47	6.63	6.80	6.98	7.15	7.34	7.72
7	7.00	7.43	7.66	7.90	8.14	8.39	8.65	8.92	9.49
8	8.00	8.58	8.89	9.21	9.55	9.90	10.26	10.64	11.44
9	9.00	9.75	10.15	10.58	11.03	11.49	11.98	12.49	13.58
10	10.00	10.95	11.46	11.46	11.46	11.46	11.46	11.46	11.46
11	11.00	12.17	12.81	13.49	14.21	14.97	15.78	16.65	18.53
12	12.00	13.41	14.19	15.03	15.92	16.87	17.89	18.98	21.38
13	13.00	14.58	15.62	16.63	17.71	18.81	20.14	21.50	24.52
14	14.00	15.97	17.09	18.29	19.16	21.01	22.55	24.21	27.97
15	15.00	17.29	18.60	20.02	21.58	23.28	25.13	27.15	31.77
16	16.00	18.54	20.16	21.82	23.65	25.67	27.89	30.32	35.95
17	17.00	20.01	21.75	23.70	25.84	28.21	30.84	33.75	40.55
18	18.00	21.41	23.41	25.55	28.13	30.91	34.00	37.45	45.60
19	19.00	22.84	25.12	27.61	30.54	33.75	37.38	41.45	51.16
20	20.00	24.30	25.37	29.28	33.05	36.79	41.00	45.76	57.28

Fuente: elaboración en base a datos de la Guía AASHTO 93

Tabla N°12: Relación de Cargas por Eje para determinar Ejes Equivalentes (EE) para afirmados y pavimentos Flexibles

Tipo de Eje	Eje Equivalente (EE _{8.2T})
Eje Simple de rueda simple (EE _{S1})	EE _{S1} = [P/6.6] ^{4.0}
Eje Simple de rueda simple (EE _{S2})	EE _{S2} = [P/8.2] ^{4.0}
Eje Tándem (1 eje ruedas dobles + eje rueda simple) (EE _{TA1})	EE _{TA1} = [P/14.8] ^{4.0}
Eje Tándem (2 Ejes de ruedas dobles) (EE _{TA2})	EE _{TA2} = [P/15.1] ^{4.0}
Ejes Tridem (2 ejes ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE _{TR1})	EE _{TR1} = [P/20.7] ^{3.9}
Ejes Tridem (3 ejes de ruedas dobles) (EE _{TR2})	EE _{TR2} = [P/21.8] ^{3.9}
P = peso real por eje en toneladas.	

Fuente: elaboración en base a correlaciones con los valores de las Tablas del Apéndice D de la Guía AASHTO 93

▪ Ejes Equivalentes (EE)

Según el Ministerio de Transporte y Comunicaciones del Perú²¹, en el Manual para el Diseño de Carreteras no Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito, el concepto de EE corresponde a la unidad normalizada por la AASHTO que representa el deterioro que causa en la capa de rodadura un eje simple cargado con 8,2 toneladas, comúnmente llamado ESALs (equivalent single axle load, por sus siglas en inglés). Para el cálculo de los factores destructivos por eje equivalente calculados, se toma en cuenta el criterio simplificado de la metodología AASHTO, aplicando las siguientes relaciones: Las diferentes cargas que actúan sobre un pavimento producen a su vez diferentes tensiones y deformaciones en el mismo; los diferentes espesores de pavimentos y diferentes materiales, responden en igual forma de diferente manera a igual carga. Como estas cargas producen diferentes tensiones y deformaciones en el pavimento, las fallas tendrán que ser distintas.

Para tomar en cuenta esta diferencia, el volumen de tránsito se transforma en un número equivalente de ejes de una determinada carga, que a su vez producirá el mismo daño que toda la composición de tránsito mixto de los vehículos. Esta carga uniformizada según

²¹ Ministerio de transporte y comunicaciones, Manual para el Diseño de Carreteras no Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito N° 303-2008-MTC/02, pág. 94

AASHTO²² es de 80 kN o 18 Kips y la conversión se hace a través de los Factores Equivalentes de Carga LEF (Load Equivalent Factor).

El proceso de convertir un tránsito mixto en un número de ESAL´s de 80 kN fue desarrollado por el Road Test de AASHO. Para este ensayo se cargaron pavimentos similares con diferentes configuraciones de ejes y cargas, para analizar el daño que produjeron.

Tabla N° 13: Factor de Ajuste por Presión de Neumático (fp) para Ejes Equivalentes (EE).

Espesor de capa de Rodadura (mm)	Presión de contacto del Neumático (PCN) en psi, $PCN = 0.90 \times [\text{Presión de inflado del neumático}] \text{ (psi)}$						
	80	90	100	110	120	130	140
50	1.00	1.36	1.80	2.31	2.91	3.59	4.37
60	1.00	1.33	1.72	2.18	2.69	3.27	3.92
70	1.00	1.30	1.65	2.05	2.49	2.99	3.53
80	1.00	1.38	1.59	1.94	2.32	2.74	3.20
90	1.00	1.25	1.53	1.84	2.17	2.52	2.91
100	1.00	1.23	1.48	1.75	2.04	2.35	2.68
110	1.00	1.21	1.43	1.66	1.91	2.17	2.44
120	1.00	1.19	1.38	1.59	1.80	2.02	2.25
130	1.00	1.17	1.34	1.52	1.70	1.89	2.09
140	1.00	1.15	1.30	1.46	1.62	1.78	1.94
150	1.00	1.13	1.26	1.39	1.52	1.66	1.79
160	1.00	1.12	1.24	1.36	1.47	1.59	1.71
170	1.00	1.11	1.21	1.31	1.41	1.51	1.61
180	1.00	1.09	1.18	1.27	1.36	1.45	1.53
190	1.00	1.08	1.16	1.24	1.31	1.39	1.46
200	1.00	1.08	1.15	1.22	1.28	1.35	1.41

Presión de inflado del neumático (Pin): está referido al promedio de presiones de inflado de neumáticos por tipo de vehículo pesado.

Presión de contacto del neumático (PCN): igual al 90% del promedio de presiones de inflado de neumáticos por todo tipo de vehículo pesado.

Para espesores menores de capa de rodadura asfáltica se aplicará el factor de Ajuste igual al espesor de 50mm.

Fuente: Elaboración en base a correlaciones con la Figura IV- 4EAL del Manual del instituto del asfalto.

²² AASHTO 93, Guía para el diseño de estructuras de pavimento, 1,993

Tabla N° 14: Factores equivalentes de carga para pavimentos flexibles, Ejes simples, Pt = 2,5

Carga p/eje (kips)	Número estructural SN					
	1	2	3	4	5	6
2	0.0004	0.0004	0.0003	0.0002	0.0002	0.0002
4	0.003	0.004	0.004	0.003	0.002	0.002
6	0.011	0.017	0.017	0.013	0.010	0.009
8	0.032	0.047	0.051	0.041	0.034	0.031
10	0.078	0.102	0.118	0.102	0.088	0.080
12	0.168	0.198	0.229	0.213	0.189	0.176
14	0.328	0.358	0.399	0.388	0.360	0.342
16	0.591	0.613	0.646	0.645	0.623	0.606
18	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
20	1.61	1.57	1.49	1.47	1.51	1.55
22	2.48	2.38	2.17	2.09	2.18	2.30
24	3.69	3.49	3.09	2.89	3.03	3.27
26	5.33	4.99	4.31	3.91	4.09	4.48
28	7.49	6.98	5.90	5.21	5.39	5.98
30	10.3	9.5	7.9	6.8	7.0	7.8
32	13.9	12.8	10.5	8.8	8.9	10.0
34	18.4	16.9	13.7	11.3	11.2	12.5
36	24.0	22.0	17.7	14.4	13.9	15.5
38	30.9	28.3	22.6	18.1	17.2	19.0
40	39.3	35.9	28.5	22.5	21.1	23.0
42	49.3	45.0	35.6	27.8	25.6	27.7
44	61.3	55.9	44.0	34.0	31.0	33.1
46	75.5	68.8	54.0	41.4	37.2	39.3
48	92.2	83.9	65.7	50.1	44.5	46.5
50	112.	102	79.	60.	53.	55.

Fuente: Manual para el Diseño de Carreteras no Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito

Según el MTC - Perú²³ se tiene que para el cálculo de EE de 8.2 t, para periodos de 5 y 10 años se presenta la siguiente tabla.

Tabla N° 15: Cálculo de EE de 8.2 t, para periodos de 5 y 10 años.

MMA (total ambos sentidos)	Veh. Pesados (carril de diseño)	5 años (carril de diseño)		10 años (carril de diseño)	
		N° Repeticiones EE 8.2tn	N° Repeticiones EE 8.2tn	N° Repeticiones EE 8.2tn	N° Repeticiones EE 8.2tn
10	3	13,565	1.36E+04	15,725	1.57E+04
20	6	27,130	2.71E+04	31,451	3.15E+04
30	9	40,695	4.07E+04	47,176	4.72E+04
40	12	56,197	5.62E+04	65,148	6.51E+04
50	15	67,824	6.78E+04	78,627	7.86E+04
60	17	75,576	7.56E+04	87,613	8.76E+04
70	20	96,892	9.69E+04	112,324	1.12E+05
80	23	104,643	1.05E+05	121,310	1.21E+05
90	26	122,084	1.22E+05	141,528	1.42E+05
100	28	131,773	1.32E+05	152,761	1.53E+05
110	31	147,275	1.47E+05	170,733	1.71E+05
120	34	160,840	1.61E+05	186,458	1.86E+05
130	37	172,467	1.72E+05	199,937	2.00E+05
140	40	187,970	1.88E+05	217,909	2.18E+05
150	43	203,473	2.03E+05	235,881	2.36E+05
160	45	209,286	2.09E+05	242,620	2.43E+05
170	48	226,727	2.27E+05	262,838	2.63E+05
180	51	236,416	2.36E+05	274,071	2.74E+05
190	54	253,856	2.54E+05	294,289	2.94E+05
200	56	265,483	2.65E+05	307,768	3.08E+05
250	71	335,245	3.35E+05	388,641	3.89E+05
300	84	399,194	3.99E+05	462,775	4.63E+05
350	99	468,956	4.69E+05	543,648	5.44E+05
400	112	529,029	5.29E+05	613,289	6.13E+05

Fuente: Manual para el Diseño de Carreteras no Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito.

²³ Ministerio de transporte y comunicaciones, Manual para el Diseño de Carreteras no Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito N° 303-2008-MTC/02, pág. 96

Según la página web de Camineros.com²⁴ para diseño de Pavimentos Flexibles, menciona que todos los métodos de diseño de pavimentos especifican que durante la vida útil de la estructura se pueden producir dos tipos de fallas, la funcional y la estructural. La falla funcional se deja ver cuando el pavimento no brinda un paso seguro sobre él, de tal forma que no transporta cómoda y seguramente a los vehículos. La falla estructural está asociada con la pérdida de cohesión de algunas o todas las capas del pavimento de tal forma que éste no puede soportar las cargas a la que está sometido, se presenta cuando los materiales que conforman la estructura, al ser sometida a repeticiones de carga por acción del tránsito, sufren un agrietamiento estructural relacionado con la deformación o la tensión horizontal por tracción en la base de cada capa; en este sentido la falla relaciona la deformación o la tensión producida con el número de repeticiones admisibles; esto se denomina falla por fatiga o sea por repeticiones de carga.

En el cual los materiales se encuentran caracterizados por:

1. Módulos elásticos (E).
2. Relación de Poisson (m).
3. El espesor de la capa (h).

Las propiedades de los materiales se pueden obtener de varias maneras²⁵:

1. Ensayos de laboratorio combinados con ensayos no destructivos.
2. Estimación o uso de nomogramas con correlaciones.
3. Comparación con materiales "estándar" de características similares.
4. Medición "in situ" basándose en ensayos no destructivos.

2.5.2.1.3 Velocidad Directriz

²⁴ <http://www.camineros.com>, Diseño Directo de Pavimentos Flexibles, pág. 04

²⁵ <http://www.camineros.com>, Diseño Directo de Pavimentos Flexibles, pág. 06

Según el Ministerio de Transporte y Comunicaciones del Perú²⁶, en el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras es la velocidad escogida para el diseño y será la máxima velocidad que se podrá mantener con seguridad sobre una sección determinada de la carretera, cuando las circunstancias sean favorables para que prevalezcan las condiciones de diseño.

2.5.2.1.4 Variación de la Velocidad Directriz

Según el Ministerio de Transporte y Comunicaciones del Perú²⁷, en el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, menciona que los cambios repentinos de la velocidad de diseño a lo largo de una carretera deberán ser evitados. Deben existir razones que justifique la necesidad de realizar cambios, estos se efectuarán en incrementos o decrementos de 15 km/h o en el 20% de la velocidad directriz, debiendo tomarse el menor de ellos.

2.5.2.1.5 Distancia de Visibilidad

Según el Ministerio de Transporte y Comunicaciones del Perú²⁸, en el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, conceptualiza que es la longitud continua hacia adelante del camino que es visible al conductor, para tomar las decisiones oportunas. Para efectos de diseño se consideran dos tipos de distancia de visibilidad:

- ✓ Distancia de visibilidad de parada o frenado (Dp).
- ✓ Distancia de visibilidad de sobrepaso (DS).

2.5.2.1.6 Distancia de Velocidad de Parada o Frenado (Dp)

Según el Ministerio de Transporte y Comunicaciones del Perú²⁹, en el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, indica que es la mínima distancia requerida para que se detenga un vehículo que viaja a la velocidad directriz, antes de que alcance un objeto inmóvil que se encuentra en su trayectoria, Se considera obstáculo aquél de una altura

²⁶ Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, pág. 45.

²⁷ Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, pág. 47.

²⁸ Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, pág. 48.

²⁹ Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, pág. 48.

igual o mayor a 0,15 m, estando situados los ojos del conductor a 1,15m, sobre la rasante del eje de su pista de circulación. Todos los puntos de una carretera deberán estar provistos de la distancia mínima de visibilidad de parada.

Tabla N°16: Longitud Máxima sin visibilidad de adelantamiento en sectores conflictivos.

Categoría de Vía	Longitud
Autopista y Multicarril	1 500 m
1ra. Clase	2 000 m
2da. Clase	2 500 m

Diseño
Carreteras

Fuente: Manual de
Geométrico de

2.5.2.1.7 Distancia De Visibilidad De Sobrepaso (Ds)

Según el Ministerio de Transporte y Comunicaciones del Perú³⁰, en el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, es la distancia mínima que debe estar disponible, a fin de facultar al conductor del vehículo a sobrepasar a otro que se supone viaja a una velocidad de 15 km/h menor, con una comodidad y seguridad, sin causar alteración en la velocidad de un tercer vehículo que viaja en sentido contrario y que se hace visible cuando se ha iniciado la maniobra de sobrepaso, según la categoría de la carretera.

2.5.2.2 Diseño de Pavimentos

2.5.2.2.1 Generalidades

Según Alva Hurtado, Jorge³¹, en su libro de Mecánica de Suelos, hace conocer como pavimento a la superficie artificial efectuada con el fin de que el suelo tenga una configuración llana y sólida; el pavimento está formado por una o varias capas que descansan sobre un tramo de fundación, el espesor estará de acuerdo a la calidad del terreno.

³⁰ Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, pág. 48.

³¹ ALVA HURTADO, Jorge E., Mecánica de Suelos. pág. 60.

En general un pavimento es una estructura superficial destinada a transmitir a la subrasante los efectos de las cargas estáticas o en movimiento de los vehículos y mejorar las condiciones de comodidad y seguridad para el tránsito.

Entre los objetivos que persigue diseñar un pavimento tenemos:

- Soportar las cargas de los vehículos.
- Soportar los efectos de abrasión producidos por los neumáticos.

2.5.2.2.2 Factores que Intervienen en el Diseño de un Pavimento

Los factores que intervienen en el diseño de pavimento mencionamos:

2.5.2.2.2.1 Índice de Tráfico

Según Guerra Bustamante, Cesar³², en su libro Localización y Diseño Geométrico, se refiere al volumen de vehículos que circulan por una vía en un determinado tiempo, siendo de tres clases, según la cantidad de vehículos.

Tráfico Pesado.- Cuyo volumen es mayor que 300 camiones y autobuses diarios.

Tráfico Mediano.- Su volumen es de 50 a 300 camiones y autobuses diarios.

Tráfico Liviano.- Cuyo volumen es menor de 50 vehículos y autobuses diarios.

❖ Cálculo del Índice de Tráfico

A. Determinación del Índice de Tráfico (IT)

Según Coronado Iturbide Jorge³³, da a conocer la determinación del Índice de Tráfico con la siguiente fórmula:

• $IT = N \cdot C \cdot D \cdot E \cdot P \dots\dots\dots (4)$

Donde:

³² GUERRA BUSTAMANTE, César, Carreteras, Ferrocarriles, Canales, Localización y Diseño Geométrico, pág. 95.

³³ CORONADO ITURBIDE JORGE, Manual Centroamericano de Diseño de Pavimentos, pág. 63.

N: Número total de camiones de un peso bruto mayor de 10,000 lbs. Si son de ejes simples y mayor de 18,000 lbs. Si son de ejes tándem.

C: Coeficiente de crecimiento medio de tráfico.

D: Factor de corrección del período de diseño.

E: Coeficiente de equivalencia de carga que expresa el número de vehículos cuyos pesos son menores de 18,000 lbs, para ejes simples.

P: Coeficiente de tanto por uno del número total de vehículos que circulan por la trocha más cargada.

2.5.2.2.2.2 Clima

Influye distintamente en la costa, la sierra, y en la selva por lo que se debe tener en cuenta los cambios de temperatura, lluvias.

2.5.2.2.2.3 Terreno de Fundación

Se refiere al conocimiento de todas las características principales de un suelo (análisis granulométrico, límites de consistencia, densidad, compactación, CBR, etc.)

2.5.2.2.3 Momento de Efectuar un Pavimento

Según el MTC - Perú³⁴, en el Manual de Diseño de Carreteras no Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito, se plantea los momentos siguientes:

- Cuando una explanación o terraplén ya no tenga asentamientos.
- Cuando los taludes hayan adquirido su estabilidad natural o sea, un ángulo natural de reposo.
- Cuando se haya cumplido con todas las especificaciones geométricas de la vía (radios, pendientes, sobreanchos, etc.).
- Cuando se hayan terminado de construir todas las obras de drenaje.

³⁴ Ministerio De Transportes Y Comunicaciones, Manual de Diseño de Carreteras no Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito, pág. 109.

2.5.2.2.4 Condiciones que debe tener una buena Calzada

Según el MTC - Perú³⁵, en el Manual de Diseño de Carreteras no Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito, las condiciones para una buena calzada son las siguientes:

- Debe de ser dura y a la vez elástica.
- Debe ser suave a la rodadura y a la vez dificultar el resbalamiento.
- Tener homogeneidad impermeabilidad.
- No debe ser susceptible a la formación de baches.
- No debe ser propenso a la formación de polvo y lodo.
- Debe absorber el ruido.
- Ser agradable a la vista y no reflejar la luz solar.

2.5.2.2.5 Selección del Tipo de Pavimento

Teniendo en consideración las comparaciones y semejanzas hechas anteriormente y teniendo en cuenta los criterios como: tráfico, clima, materiales, costo y daños, usaremos un pavimento flexible de costo intermedio, el mismo que está formado por mezclas bituminosas, tal sea nuestro caso, se hará uso del tratamiento superficial monocapa y con una capa de sellado Slurry Seal, ya que los estudios de tráfico indican que la vía de estudio es un camino de bajo volumen de tránsito y por lo tanto no sería necesario aplicar carpeta asfáltica (pavimento estructural).

2.5.2.2.5.1 Terreno de Fundación

Según el Comité Peruano De Mecánica De Suelos³⁶, en su libro Fundaciones y Mecánica de rocas, el terreno de fundación sirve de cimiento al pavimento. Después de haber terminado el movimiento de tierras, y que una vez compactado así como teniéndose las secciones transversales y pendientes especificadas en los planos de diseño su clasificación es la siguiente:

³⁵ Ministerio De Transportes Y Comunicaciones, Manual de Diseño de Carreteras no Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito, pág. 115.

³⁶ COMITE PERUANO DE MECANICA DE SUELOS, Fundaciones y Mecánica de rocas, pág. 109

- ✓ **Pésimo.-** Cuando está constituida de materia orgánica, en lo posible se debe desechar este material y sustituirlo por otro de mayor calidad.
- ✓ **Malo.-** Es decir que el material que se encuentra es limo o **arcilla** o la combinación de ambos, en este caso se debe colocar una capa de sub - base granular.
- ✓ **Regular a bueno.-** En este caso se considera un **suelo** bien graduado y no ofrece peligro de estructuración, se podría prescindir de la sub-base granular.
- ✓ **Excelente.-** Es la parte superior del terreno de fundación, y debe cumplir las especificaciones Standard para materiales a emplearse en la construcción la AASHTO M 576-64 en la cual recomienda:
 - Los materiales estarán libres de cantidades perjudiciales, de materia orgánica tal como hojas, rocas, etc.
 - Debe estar distribuido convenientemente
 - Tendrá un diseño adecuado de drenaje

2.5.2.2.5.2 Sub-Base

Según Coronado Iturbe³⁷, Es una capa de material seleccionada encargada de soportar y de transmitir cargas aplicadas a la superficie de rodaduras, que se coloca encima de la subrasante, con el objeto de:

- Servir de capa de drenaje al pavimento.
- Controlar o eliminar en lo posible los cambios de volumen y elasticidad y plasticidad que pudiera tener el material de la subrasante.
- El control de la ascensión capilar del agua proveniente de las napas freáticas cercanas o de otras fuentes.

³⁷ CORONADO ITURBE JORGE, Manual Centroamericano de Diseño de Pavimentos, pág. 95

- Proteger el pavimento contra posibles hinchamientos. Que se puede producir en épocas de heladas.
- El material empleado para sub-base debe cumplir lo siguiente:
- El material deberá tener mayor capacidad de soporte que el terreno de fundación y puede ser: arena, grava.
- Tendrá las características de los suelos A-1 ó A-2 aproximadamente, así mismo su límite líquido debe ser inferior al 35% y su índice plástico no mayor de 6%.
- Su valor de C.B.R. será mayor o igual al 155, con hinchamiento menor al 50% (Designación T-6-5)
- El porcentaje de finos que pase el tamiz N° 200 no debe ser mayor que el 8%.

2.5.2.2.5.3 Base

Según Coronado Iturbide J.³⁸ indica que esta capa está constituida por material pétreo, piedra triturada, etc., tiene por finalidad absorber los esfuerzos transmitidos por las cargas de los vehículos y además repartir uniformemente estos esfuerzos a la sub-base y al terreno de fundación.

Los requisitos que deben cumplir los materiales para base son:

- ✓ Son resistentes a los cambios de humedad y temperatura.
- ✓ No presentan cambios de volumen perjudiciales.
- ✓ El porcentaje de desgaste debe ser menor que el 50%, con un hinchamiento menor al 1 % y menor al 25%, el índice plástico < 6%.
- ✓ La fracción que pasa la malla N° 200 no debe exceder en la mitad y en ningún caso de los 2/3 que pasa el tamiz N° 40.

³⁸ CORONADO ITURBIDE JORGE, Manual Centroamericano de Diseño de Pavimentos, pág. 98

- ✓ El material que debe usarse tanto para base, como para sub-base debe cumplir con la siguiente granulometría:

Tabla N° 17: Porcentaje de material granulométrico.

Tamiz	Porcentaje de material que pasa					Peso(gr)
	Granulometrías					
	A	B	C	D	E	F
2"	100	100	—	—	—	—
I	—	75-95	100	100	100	100
3/8"	30-65	40-75	50-85	60-1 00	—	—
Nº 4	25-55	30-60	35-65	50-85	35-100	70-100
Nº 10	15-40	20-45	25-100	40-70	40-100	55-100
Nº 40	8-20	15-30	15-30	25-45	20-50	30-70
Nº 200	2-8	5-20	5-15	5-20	6-20	8-25

Fuente: Manual para el Diseño de Carreteras no Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito.

2.5.2.2.5.4 Capa De Rodamiento

Según Olivera Bustamante F³⁹, afirma que la función principal de la capa de rodamiento será proteger la base, impermeabilizando la superficie, para evitar así posibles infiltraciones de agua de lluvia, proteger además contra la acción abrasiva de las ruedas de los vehículos evitando que se desgaste o desintegre, varían entre 1/2" y 2"; pero cuando son mayores a 3" contribuyen a aumentar la capacidad de soporte del pavimento. Los tipos de mezclas bituminosas empleadas para capas de rodamiento.

2.5.2.2.6 Tratamientos Superficiales.

Según Olivera Bustamante F⁴⁰, en su libro Estructuración de Vías Terrestres, indica que son aplicaciones a cualquier tipo de material (base), los asfaltos y alquitranes que se emplean son los llamados líquidos o diluidos del tipo de rápido curado (R.C. y R.T.).

³⁹ OLIVERA BUSTAMANTE, Fernando. Estructuración de Vías Terrestres, pág. 148.

⁴⁰ OLIVERA BUSTAMANTE, Fernando. Estructuración de Vías Terrestres, pág. 149.

El espesor de estas capas es de 2.5 cm (1"), se puede aplicar en una o varias capas, cuando se aplican en varias capas (2 o más), se llama tratamiento, multicapa, este tipo es empleado comúnmente para tránsito ligero.

2.5.2.2.7 Riego De Imprimación

Según AKSO NOVEL⁴¹, en su libro de productos y aplicaciones, indica que los riegos de impregnación (imprimación) pueden ser utilizados para proporcionar una membrana de asfalto resistente al agua para sellar las bases de carreteras, sub-bases y sub-grados y así evitar la penetración de agua o la pérdida de agua por la evaporación de la superficie; para controlar el polvo y para proporcionar una buena superficie para una capa de pavimento asfáltico o las operaciones de sellado.

El riego de impregnación mantiene el equilibrio de la humedad y por lo tanto la fortaleza de la capa de construcción y reduce la pérdida de los finos de la superficie por el viento o lluvias abundantes. Permite a los materiales estabilizados con cemento curar a la fortaleza óptima mientras reduce las grietas superficiales y cuando se aplica en medio de las capas no adheridas de carreteras en construcción previene la entrada de agua. Los riegos de impregnación también aseguran una adecuada adherencia de capas bituminosas.

2.5.2.2.8 Emulsión Asfáltica

Según AKSO NOVEL⁴², en su libro de Emulsiones Asfálticas Convencionales y Modificados con Polímeros, conceptualiza que la emulsión asfáltica es la dispersión de pequeñas micro-partículas de asfalto dispersas en una matriz acuosa.

Las emulsiones catiónicas contienen cemento asfáltico entre un 57% a 70%, las cuales conforman glóbulos de asfalto (micelas), con tamaños de partícula entre 0.5 a 30 micrones (um) de diámetro. Esta dispersión, se genera principalmente debido a la acción del emulsificante el cual

⁴¹ AKZO NOVEL, Productos y Aplicaciones, pág. 08

⁴² AKZO NOVEL, Emulsiones Asfálticas Convencionales y Modificados con Polímeros, pág. 03

rodea a la partícula asfáltica por acción química e iónica. El tamaño aproximado de dicho emulsificante es de aproximadamente 1,000 veces menor a una partícula asfáltica (micela).

Tabla N° 18: Requisitos para las emulsiones Asfálticas.

Tipo y grado de emulsión asfáltica	Especificación	Temperatura de aplicación en °C
Lechada Asfáltica (Slurry Seal)		
Aniónicas: SS-1, SS-1h	AASHTO M 140	20-70
Catiónicas: CSS-1, CSS-1h	AASHTO M 208	50-85

Fuente: Especificaciones Especiales para la Construcción de Carreteras y Puentes, Dirección General de Caminos, Guatemala, 2000

Las emulsiones son mezclas de cementos asfálticos con agua emulsificantes, a su vez, estos pueden también contener:

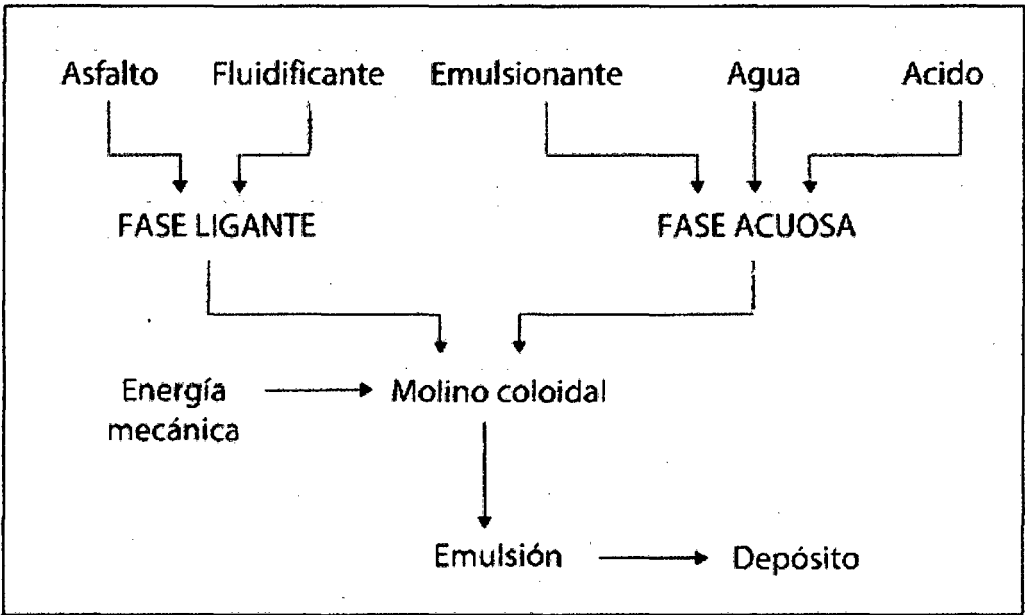


Figura N° 02: Esquema de Fabricación de las emulsiones Asfálticas
Fuente: Repsol – Perú

Tipos de Emulsiones Asfálticas:

Producto:

- Emulsión Asfáltica Catiónica
- Emulsión Asfáltica Polímeros

Según REPSOL Perú⁴³ en su página web, indica que es una mezcla estable de agua (fase continua), y asfalto (fase dispersa).

El asfalto y el agua son líquidos inmiscibles entre sí, que utilizan agentes tensoactivos llamados también emulsificantes para lograr la estabilidad de la emulsión, que son los que proporcionan la carga eléctrica (catiónica) de la partícula de asfalto.

Tipos de emulsiones:

- Emulsión Asfáltica Catiónica de rompimiento Rápido.
- Emulsión Asfáltica Catiónica de rompimiento Medio.
- Emulsión Asfáltica Catiónica de rompimiento Lento.
- Emulsión Asfáltica Catiónica para impregnación.
- Emulsión Asfáltica Catiónica de rompimiento Súper Estable.

2.5.2.2.8.2 Emulsión Asfáltica Con Polímeros

Según REPSOL Perú⁴⁴, Esta especificación se refiere al suministro de una emulsión asfáltica con Polímeros, del tipo y características de rotura apropiados, en el sitio de ejecución de riegos de imprimación y liga, sellos de arena-asfalto, tratamientos superficiales y lechadas asfálticas.

El mezclado del polímero con el asfalto resulta en un sistema de dos fases, en la cual el polímero está hinchado por la acción de los aromáticos presentes en el asfalto, esta separación es observable en un nivel microscópico, para lograr esta estructura, es necesario dispersar el polímero con mezcladores o agitadores de alto corte y a elevadas temperaturas.

Tabla N° 19: Especificaciones Para Emulsiones Catiónicas (ASTM D-2397)

⁴³ REPSOL Perú, Emulsiones Asfálticas, www.repsol.com.pe, 2013

⁴⁴ Repsol.com- Perú, emulsiones asfálticas, 2013

Tipo de Emulsiones		Rotura Lenta			
		CSS - 1		CSS – 1h	
1. Ensayo Sobre Emulsiones		Min	Máx.	Min	Máx.
Viscosidad					
<ul style="list-style-type: none"> Saybolt Furol a 25 C Seg Saubolt Furol a 50 C Seg 	Seg Seg	20	100	20	100
Estabilidad de Almacenamiento	%				
<ul style="list-style-type: none"> Sedimentación a los 7 días 			1		1
Destilación	%				
<ul style="list-style-type: none"> Contenido de Asfalto Residual Contenido de Disolventes 	% %	57		57	0
Tamizado					
<ul style="list-style-type: none"> Retenido T 20 (850 um) 			0.1		0.1
Rotura	%				
<ul style="list-style-type: none"> Dioctilsulfosuccinato sódico Mezcla con cemento 	% %				2
Carga Partícula		Positiva		Positiva	
Recubrimiento del agregado y resistencia de desplazamiento					
<ul style="list-style-type: none"> Con agregado seco 					
<ul style="list-style-type: none"> Con agregado seco y acción del agua 					
<ul style="list-style-type: none"> Con agregado húmedo 					
<ul style="list-style-type: none"> Con agregado húmedo y acción del agua 					
2. Ensayos Sobre Residuo De Destilación					
Penetración (25°C, 100gr, 5 seg)		100	250	40	90
0.1 mm.					
Ductilidad (25°C, 5 cm/m)	cm.	40		40	
Tricloroetileno	%	97.5		97.5	
Recuperación Esalstica por Torsion	%	15		15	

Fuente: Repsol.com

2.5.2.2.8.3 Aplicación de las Emulsiones Asfálticas

Según Repsol Perú⁴⁵ para la aplicación de las emulsiones asfálticas tenemos varios procedimientos y estos son:

a) Riegos de Imprimación

REPSOL, Perú, Se aplica sobre superficies no asfálticas que deben prepararse para recibir otro riego asfáltico.

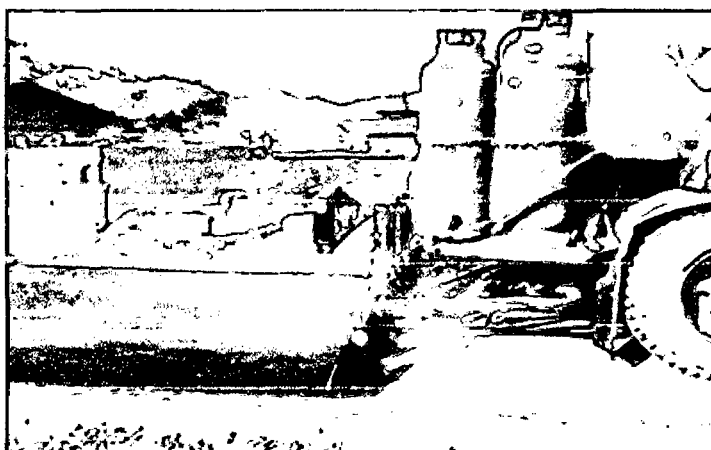


Figura N° 03: Ejecución de la Imprimación.
Fuente: Repsol – Perú

b) Riegos de Liga

Se aplica sobre un riego de imprimación sobre capas asfálticas, su función es vincular una capa con una mezcla asfáltica.

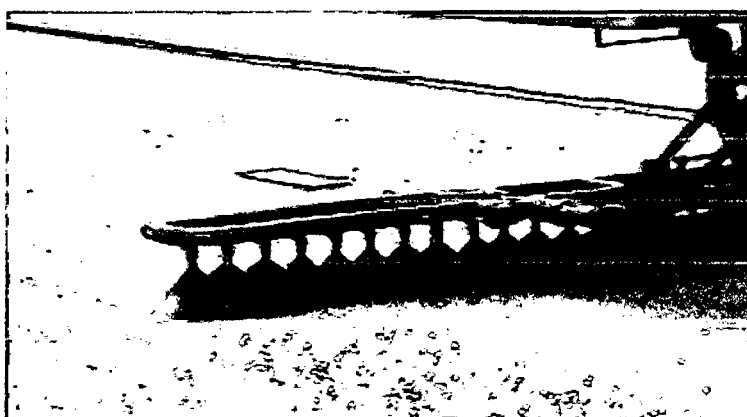


Figura N° 04: Ejecución del Riego de liga.
Fuente: Repsol – Perú

c) Riego de imprimación reforzada

⁴⁵ Repsol.com- Perú, emulsiones asfálticas, 2013

Figura N° 05: Proceso constructivo de la imprimación reforzada
Fuente: Repsol – Perú

d) Arena de Asfalto

Consiste en el esparcimiento y compresión de arena de una granulometría predefinida sobre una superficie imprimida. Espesores promedios de 2.5 mm.

e) Fijadores de polvo o antipolvo

Fijan el polvo suelto evitando las molestias que estos ocasionan.

f) Riego de Sellado

Consiste en una aplicación de material bituminoso seguido de una distribución de arena, se emplea sobre superficies asfálticas (mezclas asfálticas o suelo arena o arena emulsión).

g) Tratamiento Superficial Simple

Consiste en una aplicación de material bituminoso seguido de una distribución de agregados pétreos.



Figura N° 06: vista transversal de un Tratamiento Superficial Simple.
Fuente: Repsol – Perú

h) Tratamiento Superficial Doble

Consiste en dos aplicaciones de material bituminoso, cada una de ellas seguida de una distribución del agregado pétreo, en general el tamaño nominal del primer agregado es el doble del segundo.



Figura N° 07: vista transversal de un Tratamiento Superficial Doble.
Fuente: Repsol - Perú

i) Tratamiento Superficial Múltiple

Consiste en tres o más aplicaciones de material bituminoso, cada una de ellas seguida de una distribución de agregado pétreo de menor tamaño.

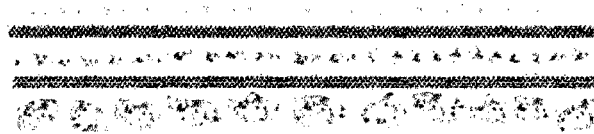


Figura N° 08: vista transversal de un Tratamiento Superficial Múltiple.
Fuente: Repsol - Perú

j) Slurry Seal o Lechadas

Son mezclas constituidas por áridos finos, filler, emulsión, agua y aditivos. Espesores promedios de tres a seis milímetros. Su objetivo es de impermeabilizar, tratamiento de terminado y superficial, antideslizante.

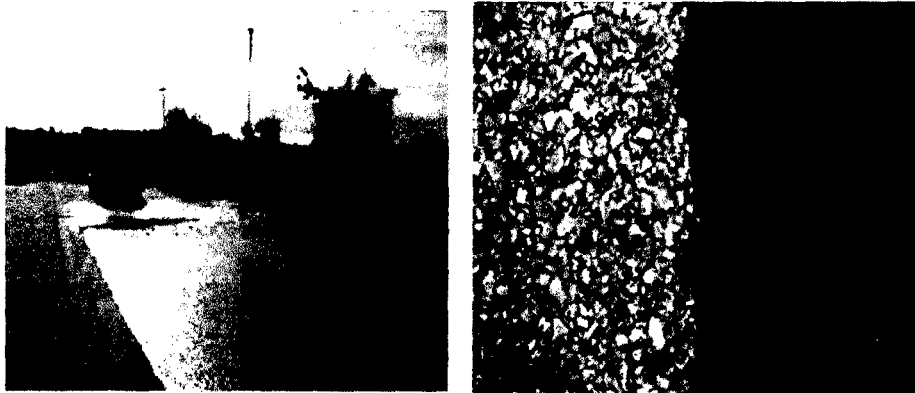


Figura N° 09: Ejecución del Slurry Seal.
Fuente: Repsol - Perú

k) Suelos estabilizados con emulsión asfáltica

Según REPSOL Perú⁴⁶, Se define como suelo estabilizado con un producto bituminoso, la mezcla íntima, conveniente-mente compacta, de suelo, agua, ligante bituminoso y eventualmente adiciones, cuyo fin es mejorar las características resistentes del suelo, disminuyendo su capacidad de absorción de agua y/o aumentando su cohesión, por efecto de la incorporación de ligante bituminoso.

l) Macadam de Penetración.

Fernando Sánchez Sabogal⁴⁷, Se utilizan en asfaltos, según tablas de especificaciones para asfaltos, y los alquitranes usados son del tipo más viscoso. El espesor de estas capas, varía entre 6 y 15 cm. Constituida por agregados de tamaño uniforme, sobre la cual, luego de compactada, se hace una distribución de un ligante asfáltico de alta viscosidad, seguida por el esparcimiento y compactación de una capa de agregado de menor tamaño.

m) Slurry Seal.

Según Akzo Novel⁴⁸, Productos y Aplicaciones, El Slurry Seal (lechada asfáltica) es un método de aplicación de un sello delgado y monolítico a un pavimento existente con una mezcla de agregados finos con granulometría densa, agua, emulsión asfáltica y aditivos. Normalmente se establece un espesor no más que 1.5 veces el tamaño superior del agregado (3-10mm). Los aditivos incluyen el cemento, la cal, o sulfato de aluminio, pero estos no son componentes esenciales. Las lechadas asfálticas son impermeables, evitan la entrada de agua y reducen el deterioro del pavimento. También proporcionan una textura superficial resistente al deslizamiento y libre de agregados sueltos. La lechada asfáltica es similar al micropavimento pero está diseñado para las carreteras secundarias con menor tráfico, estacionamientos y aceras.

⁴⁶ REPSOL PERÚ, Emulsiones asfálticas, 2013

⁴⁷ FERNANDO SANCHEZ SABOGAL, Glosario de Ingeniería de Pavimentos, pág. 01

⁴⁸ AKZO NOVEL, Productos y Aplicaciones, pág. 12

Normalmente no utiliza emulsiones modificadas con polímeros. La lechada se puede abrir al tráfico en 1-3 horas. La lechada con "Quick-set" se puede abrir al tráfico en una hora, pero está diseñado para situaciones menos críticas que los micropavimentos.

n) Mezclas "In Situ de Tipo Abierto o Cerrado.

Según Olivera Bustamante, Fernando⁴⁹, Se emplean tanto para efectuar capas de sub-base y superficie de rodadura; generalmente se emplean asfaltos líquidos de rápido y curado medio (R.C y M.C). El espesor varía aproximadamente entre 4 y 7.5 cm.

o) Mezclas en Planta de Tipo Denso o Abierto, Aplicado en Frío o Caliente.

Según Olivera Bustamante Fernando⁵⁰ indica que para láminas asfálticas, concretos bituminosos, pueden usarse algunos, asfaltos líquidos; pero preferentemente, se emplean cementos asfálticos, cuya penetración, está entre 85 y 200, el espesor es generalmente mayor de 5 cm. Recomendándose un espesor máximo de 12.5 cm.

A. Por los Materiales que lo Constituyen

Según Coronado Iturbide Jorge⁵¹, indica que se clasifican por los materiales que lo constituyen y estos son:

- ✓ Suelos estabilizados (depende de la importancia de la vía).
- ✓ Pavimentos bituminosos (hechos basado en mezcla asfáltica).
- ✓ Pavimentos de losa de concreto de cemento Portland.

B. Por su Calidad

Según Coronado Iturbide Jorge⁵², clasifica por su calidad:

⁴⁹ OLIVERA BUSTAMANTE, Fernando. Estructuración de Vías Terrestres, pág. 151.

⁵⁰ OLIVERA BUSTAMANTE, Fernando. Estructuración de Vías Terrestres, pág. 152

⁵¹ CORONADO ITURBIDE JORGE, Manual Centroamericano de Diseño de Pavimentos, pág. 91.

⁵² CORONADO ITURBIDE JORGE, Manual Centroamericano de Diseño de Pavimentos, pág. 92.

- ✓ Económicos.- Los suelos estabilizados.
- ✓ Intermedios.- Mezcla en frío y mezclas en caliente
- ✓ Tipo Superior.- Los concretos asfálticos.
- ✓ De Lujo.- Los pre y post tensados.

C. Por la Forma que se Trasmiten las Cargas a la Subrasante

Según Coronado Iturbide Jorge⁵³, clasifica por la forma que transmiten las cargas a la subrasante:

- ✓ **Flexibles.**- Llamados así por la posibilidad que presentan de adaptarse a los asientos en el terreno de fundación. Se halla formado por una base flexible o semi rígida, sobre la que descansa una capa de rodadura de alquitrán o asfalto. Se caracteriza por la carga que recibe y la trasmite a la subrasante en un sitio muy próximo a la aplicación de la carga.
- ✓ **Rígidos.**- Son aquellos en los cuales la capa de rodamiento está formada por concreto simple o armado, también hay pavimento de cemento cubierto con capa de rodadura bituminosa. Se caracteriza porque las cargas que reciben, la trasmiten de una manera uniforme y a una distancia apreciable del centro de aplicación de la carga.
- ✓ **Mixtos.**- Son una combinación de pavimentos rígidos y flexibles tratando de utilizar las ventajas que tienen ambos tipos de pavimento. En ellos actúa como base el rígido y como superficie de rodadura el flexible. Presenta propiedades combinadas de los pavimentos que lo forman por lo que su costo se considera muy elevado.

⁵³ CORONADO ITURBIDE JORGE, Manual Centroamericano de Diseño de Pavimentos, pág. 93.

2.5.2.2.9 Método AASHTO

Según Gustavo Corredor Müller⁵⁴, Origen: basados en las ecuaciones originales de la AASHTO que datan de 1961, producto de las pruebas en Ottawa, Illinois, con tramos a escala natural y para todo tipo de pavimentos.

La versión de 1993 tiene una mejor consolidación del método, pero hasta hoy continua su evolución en función a las nuevas tecnologías de aplicación en los pavimentos y a los resultados de nuevas investigaciones en cuanto al comportamiento estructural de los mismos.

A. Parámetros de Diseño

Según Gustavo Corredor Müller⁵⁵, existen varios Factores a considerar:

1.- **Confiabilidad.**- Grado de confianza en la información obtenida para los efectos del diseño. Se califica la información en rangos del 50 a 100 de confiabilidad.

Tabla N° 20: Niveles de Confiabilidad.

NIVELES DE CONFIABILIDAD		
Clasificación	EAL	Confiabilidad
	En Millones	
Autopistas	4'-5'	85 – 95 %
Arterias principales	3'-4'	75 - 90
Colectoras	1'-3'	60 – 85
Calles comunes	<1'	50 - 75

Fuente: AASHTO, Guía para diseño de pavimento estructural, 1993

⁵⁴ Gustavo Corredor Müller, Maestría en Vías Terrestres módulo III, Diseño de pavimentos I, Guía de Diseño AASHTO 93, pág. 44.

⁵⁵ Gustavo Corredor Müller, Maestría en Vías Terrestres módulo III, Diseño de pavimentos I, Guía de Diseño AASHTO 93, pág. 46.

- Para vías más importantes, la información debe ser la más confiable posible. Para estos casos los valores deben de estar en el orden del 85 al 95%.
- Para vías de menor importancia por ejemplo para una vía de una urbanización donde la circulación vehicular es baja. La confiabilidad puede estar entre 50 al 60%.

2.- Ejes Equivalentes.- En el diagrama el estimado de ejes equivalentes a 18,000 lbs, está referido a valores de millones de EAL de diseño.

3.-Modulo De Resiliencia.- Es un valor de la resistencia del Terreno de la subrasante, bajo un procedimiento propio de la AASHTO y consistente en aplicar mediante un instrumento especial una carga sobre la superficie de la subrasante y determinar su asentamiento.

- Es un procedimiento diferente del CBR.
- Sin embargo, existe entre ambos una correlación de equivalencia.

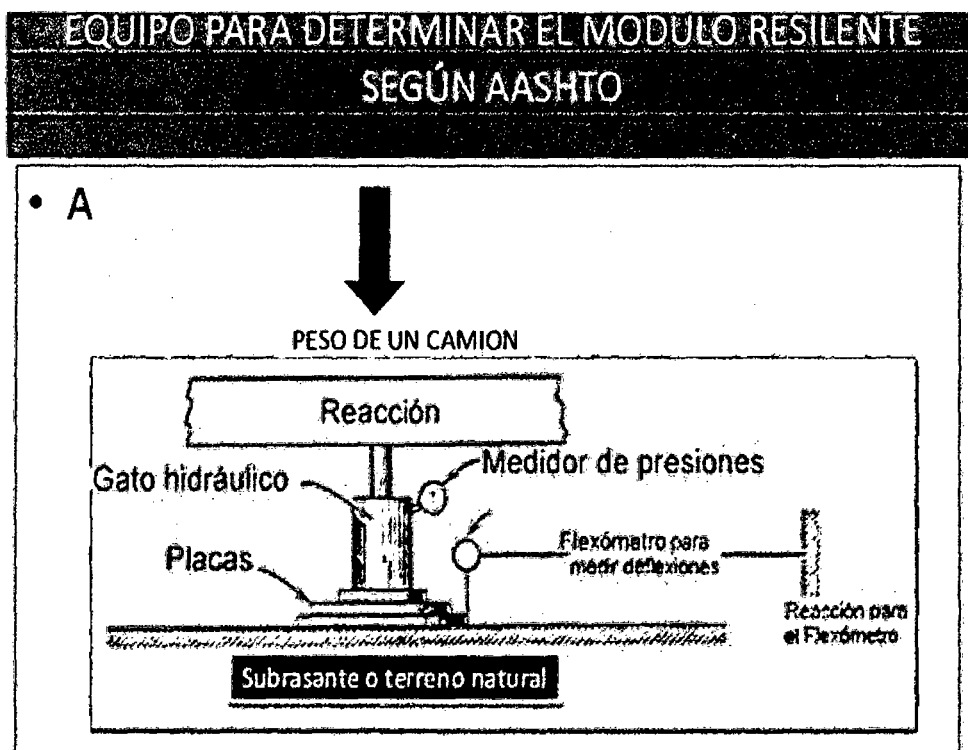


Figura N° 10: Equipo Para determinar el Módulo Resiliente Según AASHTO.

Según el Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos⁵⁶, indica las equivalencias del CBR con relación al módulo de resiliencia.

- ✓ Equivalencia Del CBR En Relación Al Módulo De Resiliencia De Los Suelos
 - $MR (PSI) = 1,500 * CBR$ (Para valores de CBR menores al 10%).
 - $MR (PSI) = 3000 * CBR$ (Para valores de CBR entre 10% al 20%).

4.-Servicialidad.- Determina el grado de comportamiento y capacidad de servicio del pavimento.

Tabla N° 21: Índice de Servicialidad.

Índice de Servicialidad (PSI)	Calificación
5-4	Muy Buena
4-3	Buena
3-2	Regular
2-1	Mala
1-0	Muy Mala

Fuente: AASHTO, Guía para diseño de pavimento estructural, 1993

5.- Numero Estructural del Pavimento.

- $NE= a1*h1+a2*h2* D2+a3*h3*D3$
- $a1$ =Coeficiente estructural del cemento asfáltico empleado.
- $h1$ = Espesor de la carpeta asfáltica
- $a2$ =Coeficiente estructural de la base.
- $h2$ = Espesor de la base.
- $D2$ = Coeficiente de drenaje de la base.
- $a3$ =Coeficiente estructural de la subbase.

⁵⁶ Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, Cap. 4, pág. 7

- h_3 = Espesor de la subase.
- D_3 = Coeficiente estructural de la subase.

Tabla N° 22: Coeficiente Estructural de la Carpeta Asfáltica.

Estabilidad MARSHALL	Coef. Estructural (a_1)
5000 Lbs	0,33
6000 Lbs	0,36
7000 Lbs	0,39
8000 Lbs	0,41
9000 Lbs	0,43
10000 Lbs	0,45

Fuente: AASHTO, Guía para diseño de pavimento estructural, 1993

Tabla N° 23: Valor del Coeficiente Estructural para Base Granular Chancada.

Valor C.B.R. (%)	a_2
• 40	0,11
• 50	0,12
• 60	0,12
• 70	0,13
• 80	0,13
• 90	0,14
• 100	0,14

Fuente: AASHTO, Guía para diseño de pavimento estructural, 1993

Tabla N° 24: Valor del Coeficiente Estructural para Subbase Granular

Valor C.B.R. (%)	A_3
10	0.08
20	0.09
30	0.11
40	0.12
50	0.12
60	0.13

Fuente: AASHTO, Guía para diseño de pavimento estructural, 1993

Tabla N° 25: Parámetros para determinar el Coeficiente de Drenaje

Drenaje	Agua Eliminada en
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Regular	1 semana
Pobre	1 mes
Malo	(el agua no drena)

Fuente: AASHTO, Guía para diseño de pavimento estructural, 1993

6.- Coeficientes de Drenaje.- Calidad de Drenaje Porcentaje de tiempo anual en que la estructura del pavimento está expuesta a niveles cercanos a saturación.

Tabla N° 26: Coeficientes de Drenaje.

Categoría	1%	1a 5%	5 a 25%	25%
• Excelente	1,40-1,35	1,35-1,30	1,30-1,20	1,20
• Bueno	1,35-1,25	1,25-1,15	1,15-1,00	1,00
• Regular	1,25-1,15	1,15-1,05	1,00-0,80	0,80
• Pobre	1,15-1,05	1,05-0,80	0,80-0,60	0,60
• Malo	1,05-0,95	0,95-0,75	0,75-0,40	0,40

Fuente: AASHTO, Guía para diseño de pavimento estructural, 1993

7.- Tráfico.

Ing. Luis Salamé R.⁵⁷ El Tráfico es una de las variables más significativas del diseño de pavimentos y sin embargo es una de las que más incertidumbre presenta al momento de estimarse. Es importante hacer notar que debemos contar con la información más precisa posible del tráfico para el diseño, ya que de no ser así podríamos tener diseños inseguros o con un grado importante de sobre diseño.

La metodología AASHTO considera la vida útil de un pavimento relacionada el número de repeticiones de carga que podrá soportar el pavimento antes de llegar a las condiciones de servicio final predeterminadas para el camino. El método AASHTO utiliza en su

⁵⁷ Ing. Luis Salamé R., Método de Diseño de Pavimentos Flexibles para Vías de Bajo Volumen de Tráfico, 1990.

formulación el número de repeticiones esperadas de carga de Ejes Equivalentes, es decir, que antes de entrar a las fórmulas de diseño, debemos transformar los Ejes de Pesos Normales de los vehículos que circularán por el camino, en Ejes Sencillos Equivalentes de 18 kips (8.2 Ton) también conocidos como ESAL's. Las variables que intervienen en el diseño de los pavimentos constituyen en realidad la base del diseño del pavimento por lo que es importante conocer las consideraciones más importantes que tienen que ver con cada una de ellas para así poder realizar diseños confiables y óptimos al mismo tiempo.

El procedimiento de diseño normal es suponer un espesor de pavimento e iniciar a realizar tanteos, con el espesor supuesto calcular los Ejes Equivalentes y posteriormente evaluar todos los factores adicionales de diseño, si se cumple el equilibrio en la ecuación el espesor supuesto es resultado del problema, en caso de no haber equilibrio en la ecuación se deberán seguir haciendo tanteos para tomando como valor semilla el resultado del tanteo anterior. La convergencia del método es muy rápida.

- Espesor.
- Serviciabilidad.
- Tráfico.
- Transferencia de Carga.
- Resistencia de la Subrasante.
- Drenaje.
- Confiabilidad.

2.5.2.2.10 Método del Instituto del Asfalto

Según el Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos⁵⁸, afirma que el método del Instituto del Asfalto es el sistema se basa en un tráfico probable durante un periodo de Diseño, de 20 años referido a

su carga por "eje sencillo" de 18000 libras (8280 Kg aprox.), que es la "carga por eje" y considera además el valor portante del terreno de

⁵⁸ Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos Cap. 7, pág. 19

fundación, la calidad de los materiales de base, sub - base y capa de rodamiento que se empleen, y los procesos de construcción a seguirse.

Dicho tránsito pasado en 20 años y referido a una carga por 18000 libras, se denomina “valor de tránsito para el diseño” y es determinado en función del “tránsito diario inicial”, que es el promedio de ambas direcciones, estimado para el año 1 de servicio. Se determina el “índice de tráfico del proyecto”, en función del tránsito diario, tanto para las principales carreteras urbanas como calles. A fin de interpretar mejor estos gráficos, damos a conocer a continuación, las definiciones del Instituto del Asfalto para calles, carreteras rurales, etc.

Este método requiere de los siguientes parámetros:

- ✓ Tráfico EAL (Número de Ejes Equivalentes).
- ✓ Módulo Resiliente MR.
- ✓ Condiciones Ambientales.

- **Número de ejes equivalentes para el periodo de diseño**

Según el Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos⁵⁹, el número de aplicaciones de carga por eje simple equivale a 18,000 Lbs (80 KN), EAL (Equivalent Axle Load), es el mismo que se usa en las metodologías anteriores (NAASRA y AASHTO).

- **Capacidad soporte de la subrasante**

El cálculo de los valores CBR de diseño en el método del Instituto del Asfalto está basado en valores percentiles, los que dependen del tráfico y se indican en similares a lo que se ha utilizado en el método NAASRA.

Se han calculado valores de Mr a partir de CBR usando la correlación recomendada por ASPHALT INSTITUTE 1991:

$$\mathbf{Mr = 10.3 \times CBR \text{ (Mpa)}}$$

⁵⁹ Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos Cap. 3, pág. 03

- **Condiciones ambientales de temperatura**

El método de diseño de pavimento del Instituto del Asfalto ha desarrollado las Catas de Diseño de los espesores del pavimento para tres grupos de condiciones ambientales representativas, como sigue:

Temperatura Media Anual del Aire	Efecto de la Helada
< 7°C	Si
15.5°C	Posible
> 24°C	No

Según el Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos⁶⁰ Al tener los resultados de Ejes Equivalentes de 80 KN, y el módulo de resiliencia de la subrasante y junto a la temperatura TMAA, procedemos a una tabla el cual se parte del eje horizontal en donde están las cargas de Ejes Equivalentes Simple y de la vertical con el módulo de Resiliencia (Mr) y estas dos líneas se interceptan para así calcular el espesor del asfalto.

2.5.2.3 Aspectos sobre Mecánica de Suelos

2.5.2.3.1 Estudio de Suelos y Canteras

Según Alva Hurtado, Jorge E⁶¹, La mecánica de suelos es una disciplina de la ingeniería que tiene por objeto el estudio de una serie de métodos, que conducen directa o indirectamente, al conocimiento del suelo en los diferentes terrenos sobre los cuales se va a elegir estructuras de índole variable. El tratar de iniciar cualquier construcción sin llevar a cabo, primero, un estudio del suelo, es quizá uno de los mayores riesgos que pueden correrse en el campo de la ingeniería. Es imposible proyectar una cimentación adecuada para una estructura sin conocer el carácter del suelo que se encuentra bajo ella, ya que, en definitiva, es dicho suelo el que soportará la carga.

⁶⁰ Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, capítulo 7 diseño de espesores, pág. 32

⁶¹ ALVA HURTADO, Jorge E., Mecánica de Suelos, pág. 57.

2.5.2.3.2 Estudio de Suelos

A. Muestreo

El método empleado es el de pozos de exploración los que nos van a permitir establecer en forma clara los espesores de los estratos, así como una buena inspección y clasificación del material del subsuelo, la profundidad de la napa freática, etc.

B. Ubicación de los Pozos de Muestreo

Para la obtención del perfil longitudinal del subsuelo se han realizado pozos de exploración. Para la ubicación de los pozos de exploración se ha tenido en cuenta el terreno, la obra y el acertado juicio del Ingeniero Asesor, debido a esto se ha alargado las distancias entre pozos de exploración, ya que lo importante es lograr una correcta investigación del suelo.

C. Ubicación y Estudio de Canteras

Para la construcción de la carretera se tendrá que utilizar materiales para la sub base, las cuales tienen que soportar las principales tensiones que se producen en la vía, así como resistir al desgaste por rozamiento en su superficie. Por tanto es de mucha importancia conocer las propiedades y características de los materiales de las canteras.

Ubicación

Según Villon B, Máximo⁶², La ubicación de ésta juega un papel muy importante en el costo de la vía. Para su elección se deberá tener en cuenta lo siguiente:

- ✓ Su ubicación será lo más próximo posible a la vía a mejorar, dado que así se logrará disminuir la distancia de acarreo.
- ✓ La explotación de éstas será la más sencilla y económica posible, a fin de lograr el menor costo de las labores en esta etapa.

⁶² VILLON B, Máximo, Hidráulica de Canales, pág. 64.

- ✓ Su volumen será cuanto menos aquel que permita realizar el mejoramiento de la vía en su estado inicial, dado que en esta etapa se tendrá el mayor requerimiento de materiales.
- ✓ Su ubicación será tal que no se tenga problemas legales al momento de la explotación; ya que de lo contrario se sufrirá un retraso de obra y consiguientemente un incremento de los gastos de gestión.

D. Ensayos de Laboratorio para Determinar las Características de los Suelos y Materiales de Cantera

Según Juárez Badillo y Rico Rodríguez⁶³, Los ensayos a realizar con las, muestras obtenidas pueden ser físico - mecánicos o químicos. Los análisis físico - mecánicos permiten conocer el comportamiento del suelo ante la acción de cargas externas, los análisis químicos nos permiten conocer la naturaleza y composición química del suelo.

Entre los análisis físicos y físicos - mecánicos, tenemos:

- ✓ Contenido de humedad (Norma ASTM-D-4318).
- ✓ Peso específico (Normas AASHTO: T-100-70, T-85-70, T-84-70: Según sea el caso).
- ✓ Análisis Granulométrico (Norma ASTM-D-422)
- ✓ Límites e índices de consistencia (normas AASHTO T-89-68 y T-90-70).
- ✓ Proctor Modificado (Compactación) para determinar el óptimo contenido de humedad y máxima densidad seca (norma AASHTO T-99-70 y T-180-70, según sea el caso).
- ✓ Carga - penetración (California Bearing Ratio - CBR) (Norma AASHTO T-193, ASTM D 1883).
- ✓ Desgaste por Abrasión (norma AASHTO T-96-65)

⁶³ JUAREZ BADILLO Y RICO RODRIGUEZ, Mecánica de Suelos, pág. 79

Contenido de Humedad (para muestras de calicata y cantera)

Es la relación que existe entre el peso del agua contenida en la muestra y el peso de la muestra completamente seca, que generalmente se expresa en porcentaje⁶⁴:

$$\omega (\%) = \frac{P_w}{P_s} * 100 \dots\dots\dots (5)$$

Donde:

ω (%): Contenido natural de humedad dado en porcentaje.

P_w : Peso del agua

P_s : Peso de la muestra seca.

En el laboratorio:

$$\omega (\%) = \frac{P_{hm} - P_{ms}}{P_{ms}} * 100 \dots\dots\dots (6)$$

Donde:

ω (%): Contenido de humedad en porcentaje.

P_{mh} : Peso de muestra húmeda.

P_{ms} : Peso de la muestra seca.

Peso Específico (para muestras de calicata y cantera)

Es la relación que existe entre el peso y el volumen de la fase sólida de la muestra. Su fórmula es la siguiente⁶⁵:

Para partículas mayores a 4.75 mm. se usa el método estándar AASHTO T-85 (Grava y Arena Gruesa).

$$P_e = \frac{\text{Peso piedra en el agua}}{\text{Peso piedra en el aire} - \text{peso piedra en el agua}} \text{ gr/cm}^3$$

⁶⁴JUAREZ BADILLO Y RICO RODRIGUEZ, Mecánica de Suelos, pág. 81

⁶⁵ALVA HURTADO, Jorge E., Mecánica de Suelos, pág. 64

Para partículas menores a 4.75 mm. (Tamiz No.4). Se usa el método estándar, AASHO T-100-70 (Limo y Arcilla).

Donde:

$$P_s = \frac{W_s}{W_s + W_{f+w} + W_{f+w+s}} = \frac{a}{a + b + c} \quad \dots\dots\dots (7)$$

a: Peso del suelo seca al horno (gr.).

b: Peso del matraz con agua hasta la marca de 500 ml (gr).

c: Peso del matraz más muestra + agua hasta la marca de 500 ml (gr).

Límites de Consistencia o de Atterberg

Según Juárez Badillo y Rico Rodríguez⁶⁶, indica que por consistencia se entiende el grado de cohesión de las partículas de un suelo y su resistencia a aquellas fuerzas exteriores que tienden a deformar o destruir su estructura.

Los límites de consistencia de un suelo están representados por contenidos de agua. Los principales son:

❖ Límite Líquido (L.L).

Según Juárez Badillo Y Rico Rodríguez⁶⁷, es el límite entre el estado plástico y semi líquido, definido como el contenido de humedad, bajo el cual el suelo se comporta como un material que exhibe comportamiento plástico.

El límite líquido nos da una idea de la resistencia al corte cuando tiene un determinado contenido de humedad. Cuando el suelo tiene un contenido de humedad igual o mayor al límite líquido, tendrá una resistencia al corte prácticamente nulo.

Los materiales granulares (arena, limo) tienen límites líquidos bajos (25% a 35%) y las arcillas límites líquidos altos (mayores al 40%).

⁶⁶ JUAREZ BADILLO Y RICO RODRIGUEZ, Mecánica de Suelos, pág. 83

⁶⁷ JUAREZ BADILLO Y RICO RODRIGUEZ, Mecánica de Suelos, pág. 84

Al graficar en escala logarítmica, el número de golpes en las abscisas y a escala natural los contenidos de humedad en el eje de ordenadas, sobre la base de tres puntos obtenidos de cuatro ensayos sobre muestras de suelo a diferentes contenidos de humedad; el límite líquido se obtiene gráficamente, siendo el contenido de humedad correspondiente a 25 golpes.

$$LL = \frac{W}{1.419 - .3 \text{ Log } (s)} \dots\dots\dots (8)$$

Donde:

- W: Contenido de Hº de la muestra cuando se une a los “s” golpes.
- S: Número de golpes al cabo de los cuales se unen las mitades del suelo en la Copa de Casagrande.

❖ **Límite Plástico (L.P)**

Es límite entre el estado plástico y semi-sólido, definido como el contenido de humedad, bajo el cual el suelo exhibe un comportamiento no plástico, es decir la propiedad de deformarse sin llegar a romperse.

Las arenas no tienen plasticidad, los limos la tienen pero muy poca; en cambio las arcillas, y sobre todo aquellos ricos en materia coloidal, son muy plásticas. Cuando se esté construyendo la subbase, y si el contenido de humedad es igual o mayor al límite plástico, deberá evitarse de compactar.

❖ **Índice de Plasticidad (IP)**

Según Alva Hurtado, Jorge⁶⁸, Se define como el intervalo de contenido de humedad en el cual el suelo tiene comportamiento plástico, dado por la siguiente expresión:

$$LP = LL - Lp \dots\dots\dots (9)$$

⁶⁸ ALVA HURTADO, Jorge E., Mecánica de Suelos, pág. 69.

Según Rico y Del Castillo⁶⁹ afirman que el índice de plasticidad elevado indica mayor plasticidad. Cuando un material no tiene plasticidad, suelos finos, arena por ejemplo, se considera el índice de plasticidad como cero.

Tabla N° 27: Índice de Plasticidad.

Índice de plasticidad	Característica
IP > 20	suelos muy arcillosos
20 > IP > 10	suelos arcillosos
10 > IP > 4	suelos poco arcillosos
IP = 0	suelos exentos de arcilla

Fuente: Manual para el Diseño de Carreteras no Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito.

Se debe tener en cuenta que, en un suelo el contenido de arcilla, es el elemento más peligroso de una carretera, debido sobre todo a su gran sensibilidad al agua.

Proctor Modificado (para muestras de calicata y cantera)

Determinación de la Máxima Densidad y Humedad Óptima

Juárez Badillo y Rico Rodríguez⁷⁰, La humedad óptima es la humedad más adecuada para una buena compactación (cuya unidad de medida es la densidad seca), con esta humedad se obtiene una adecuada retracción y una disminución en la resistencia a la fricción entre partículas; a una humedad óptima le corresponde una densidad máxima. Los datos obtenidos a partir del ensayo, se grafica (Densidad Seca VS Humedad), del gráfico se obtiene la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad.

Para el estudio se ha utilizado el Método Dinámico denominado Standard Modificado o Proctor Modificado (Método AASHTO T-180).

Tenemos la expresión para cálculo de la densidad seca

⁶⁹ Rico y Del Castillo, La ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres, México, 1992.

⁷⁰ JUAREZ BADILLO Y RICO RODRIGUEZ, Mecánica de Suelos, pág. 79.

$$Densidad\ Seca = \frac{Wh}{V(100 - W)} = \frac{D_{hmeda}}{V(100 - W)} * 100 \dots\dots\dots (10)$$

Wh : Peso de la muestra húmeda

V : Volumen de la muestra sin secar

W : Contenido de humedad

Tabla N° 28: Contenidos óptimos de Hº y densidades secas

Tipo de suelo	Proctor Standard		Proctor Modificado	
	Wopt (%)	Ds max. (gr/cm³)	Wopt (%)	Ds max. (gr/cm³)
Grava arenosa bien graduada Cu = 15	7	2.12	5 – 6	2.22
Arena gravillosa	10	1.98	7 – 9	2.08
Arena gruesa y Arena media Cu= 3	11	1.85	8 – 10	1.94
Arena Fina Cu = 2	12	1.70	9 – 11	1.85
Limo arenoso	14	1.75	14	1.84

Fuente: Manual para el Diseño de Carreteras no Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito.

Ensayo California Bearing Ratio (C.B.R)

Juárez Badillo y Rico Rodríguez⁷¹, El índice C.B.R. nos indica la resistencia del terreno o de un material. Los valores bajos nos indican que el suelo es malo, en cambio los valores altos, que el suelo es bueno, esto nos sirve para determinar los espesores de las capas de los pavimentos. Así para pavimentos flexibles, el C.B.R. que se usa es el valor que se obtiene para una penetración de 0.1” a 0.2” considerándose el mayor valor obtenido.

El CBR de un suelo se calcula por la fórmula siguiente:

⁷¹ JUAREZ BADILLO Y RICO RODRIGUEZ, Mecánica de Suelos, pág. 82.

$$CBR = \frac{C \text{ arg a Unitaria en suelo ensayado}}{C \text{ arg a Uniraria de la muestra ensayada}} * 100 \quad \text{..... (11)}$$

Para determinar el CBR de un suelo se realizan los siguientes ensayos:

- Determinación de la densidad máxima y humedad óptima.
- Determinación de propiedades de - expansión del material (hinchamiento).
- Determinación de la resistencia a la penetración.

Tabla N° 29: Valores correspondientes a la muestra patrón

<i>Unidades métricas</i>		<i>Unidades inglesas</i>	
Penetración (mm)	Carga unitaria (Kg/cm ²)	Penetración (pulg)	Carga unitaria (lib/pulg ²)
2.54	70.31	0.10	1000
5.08	105.46	0.20	1500
7.62	133.58	0.30	1900
10.16	161.71	0.40	2500
12.70	182.80	0.50	2600

Fuente: Manual para el Diseño de Carreteras no Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito.

Ensayo de Desgaste por Abrasión

Según Alva Hurtado Jorge⁷², indica que la carga abrasiva consiste de esferas de acero de las siguientes características:

Diámetro : 1 ²⁷/32 pulgadas (46.8mm)

Peso : 390 a 445 gr.

El número de esferas en función del peso de la carga a ensayar.

⁷² ALVA HURTADO, Jorge E., Mecánica de Suelos, pág. 65

Tabla N° 30: Carga abrasiva, máquina de los ángeles

<i>Granulometría</i>	<i>N° esferas</i>	<i>Peso de la carga (gr)</i>
A	12	5000 ± 25
B	11	4584 ± 25
C	8	3330 ± 20
D	6	2500 ± 15

Fuente: Manual para el Diseño de Carreteras no Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito.

La carga de abrasiva que se coloque en la máquina de los ángeles dependerá de la granulometría de la muestra a ensayar.

Tabla N° 31: Cantidad de las muestras en gramos

<i>Tamices</i>		<i>Granulometría (gr)</i>			
<i>Pasa mmpulg.</i>	<i>Retenido mmpulg.</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>
37.5	25.0	1250 ± 25	-	-	-
½"	1"	1250 ± 25	-	-	-
25.0	19.0	1250 ± 10	1250 ± 10	-	-
1"	¾"	1250 ± 10	1250 ± 10	-	-
19	12.5	-	-	1250 ± 10	-
¾"	½"	-	-	1250 ± 10	-
12.5	9.5	-	-	-	1250 ± 10
½"	3/8"				
9.5	6.63 ¼"				
3/8"	4.75 No				
6.63	4				

¼" 4.75 No 4	2.36 No 8				
TOTAL		5000 ± 70	5000 ± 20	5000 ± 20	5000 ± 10

Fuente: Normas peruanas de diseño de carreteras.

Tabla N° 32: Cantidad de la Muestra en Gramos según Gradación

Tamiz				Gradación		
Pasa		retenido		1	2	3
Mm	pulg	mm	pulg	gr	gr	gr
76.1	3"	64.0	2 ½"	2500 ± 50	-	-
64.0	2 ½"	50.8	2"	2500 ± 50	-	-
50.8	2"	38.1	1 ½"	5000 ± 50	5000 ± 50	-
38.1	1 ½"	25.4	1"	-	5000 ± 50	5000 ± 25
25.4	1"	19.0	¾"	-	-	5000 ± 25
TOTAL				10000 ± 25	10000 ± 75	10000 ± 50

Fuente: Manual para el Diseño de Carreteras no Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito.

Luego de alcanzar 500 r.p.m., se retira el material del tambor y se lo cierne en un tamiz mayor al No.12. La porción más fina se lo tamiza (tamiz No.12), considerándose la porción retenida en éste tamiz el peso final de la muestra. Se calcula el porcentaje de desgaste del material según la fórmula⁷³:

$$D \% = \frac{\text{Peso Original} - \text{Peso Final}}{\text{Peso Original}} * 100 \dots\dots\dots (12)$$

⁷³ALVA HURTADO, Jorge E., Mecánica de Suelos, pág. 79

Tabla 33: % de desgaste para evaluar los resultados del ensayo de los Ángeles

<i>D%</i>	<i>Tipo de ensayo</i>	<i>Utilidad</i>
30	A.A.S.H.TO. T – 96	Para todo uso
50	A.A.S.H.TO. T – 96	Para capa de base
60	A.A.S.H.TO. T – 96	Para capa sub base
Mayor a 60	A.A.S.H.TO. T – 96	No sirve el Material

Fuente: Manual para el Diseño de Carreteras no Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito.

Análisis Granulométrico.

Según Juárez Badillo Y Rico Rodríguez⁷⁴, Llamado también Análisis Mecánico y consiste en la determinación de los porcentajes de piedra, grava, arena, limo y ardua que existe en una muestra de suelo al realizar el tamizado respectivo. Pudiendo ser:

- Para suelos no cohesivos: Tamizado en seco.
- Para suelos cohesivos: Tamizado por lavado.

Si el suelo contiene un porcentaje apreciable de material fino (limo, arcilla) que pasa el tamiz N° 200, se usa métodos basados en el principio de sedimentación, tales como: la Prueba del Hidrómetro y el Método del Sinfoneado.

Los resultados se presentan por medio de una curva de distribución granulométrica en la cual se gráfica el diámetro de partículas en el eje de las abscisas y el porcentaje que pasa en el eje de las ordenadas.

La forma de la curva es un indicador de la granulometría, tenemos que los suelos uniformes están representados por líneas en forma de S que se extienden a través de varios ciclos de la escala logarítmica.

⁷⁴ JUAREZ BADILLO Y RICO RODRIGUEZ, Mecánica de Suelos, pág. 92

Las características granulométricas de los suelos pueden compararse estudiando ciertos valores numéricos importantes deducidos de las curvas de distribución, los más comunes son:

D_{10} D_{30} y D_{60} : que son los diámetros efectivos en mm. De las partículas correspondientes al 10%, 30% y 60% en la curva granulométrica, lo que significa que el 10%, 30% y 60% de las partículas son menores que el diámetro efectivo.

$$CU = D_{60} / D_{10}$$

Coeficiente de Uniformidad:

- Alva Hurtado, Jorge E⁷⁵, Su valor numérico decrece cuando la uniformidad aumenta.

$Cu < 3$	Muy uniforme
$3 < Cu < 15$	Heterogéneo
$15 < Cu$	Muy heterogéneo
Cc	$(0.30)2 / (D_{10} * D_{60})$:
	Coeficiente de Contracción:
$< Cc < 3$	Bien graduado.

2.5.2.3.3 Clasificación e Identificación de Suelos

Sistema de Clasificación de los Suelos de la AASHTO

Según Alva Hurtado, Jorge⁷⁶, en su libro de Mecánica de Suelos, indica que este método es el que se utiliza generalmente en carreteras, el método de clasificación AASHTO, divide a los suelos en dos grandes campos: suelos gruesos y suelos finos. Los suelos gruesos son aquellos que no pasan por el tamiz No. 200 el 35% o menos, los suelos finos o materiales limo – arcillosos, son aquellos que pasan por el tamiz No.200 más del 35%.

Por otro lado AASHTO divide a los suelos en 7 grupos del A-1 al A-7 y ocho sub grupos (A-1a, A-1b, A-2a, A-2-5, A-2-6, A-2-7, A-7-5, A-7-6), basándose en la composición granulométrica, el límite líquido y el índice

⁷⁵ ALVA HURTADO, Jorge E., Mecánica de Suelos, pág. 81

⁷⁶ ALVA HURTADO, Jorge E., Mecánica de Suelos, pág. 83

de plasticidad de un suelo. Se considera que el mejor suelo para ser usado en la subrasante de una carretera, es un material bien granulado compuesto principalmente de grava y arena, pero que contenga una pequeña cantidad de cementante arcilloso, este material pertenece al grupo A-1.

Alva Hurtado, Jorge E⁷⁷, afirma que en la evaluación de cada grupo, se hace por medio de su “Índice de Grupo”, los cuales nos dan a conocer la calidad del suelo., y se calculan mediante la fórmula siguiente:

$$IG = 0.2^a + 0.005ac + 0.01bd \dots\dots\dots (13)$$

Donde:

IG : Índice de grupo.

- a : Porcentaje que pasa el tamiz N° 200, comprendido entre 35% como mínimo y 75% como máximo, se representa en número entero y varía de 0 a 40, por lo tanto, todo porcentaje igual o menor a 35% será igual a 0 y todo porcentaje igual o mayor a 75% será 40.
- b : Porcentaje que pasa el tamiz N° 200, comprendido entre 15% como mínimo y 55% como máximo, se representa sólo en número entero y varía de cero a cuarenta.
- c :Parte del límite líquido comprendido entre 40% como mínimo y 60% como máx., se representará sólo en número entero y variará de 0 a 20.
- d :Parte del índice de plasticidad, comprendido entre 10% como mínimo y 30% como máximo, se representará sólo en número entero y variará de 0 a 20.

El índice de grupo siempre se reporta aproximándolo al número entero más cercano a menos que su valor calculado sea negativo, en cuyo caso se reportará como cero. Por ejemplo para un suelo limoso que tenga un índice de grupo de 10, puede clasificarse como A-4(10).

⁷⁷ ALVA HURTADO, Jorge E., Mecánica de Suelos, pág. 84

Tabla 34: Clasificación de suelo según índice de grupo

Clasificación	IG
Suelos Granulares	0 a 4
Suelos Limosos	8 a 12
Suelos Arcillosos	11 a 20

Fuente: Manual para el Diseño de Carreteras no Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito.

2.5.2.4 Aspectos Topográficos

2.5.2.4.1 Alineamiento Horizontal

- Homogeneidad del Trazado

Según Cárdenas Grisales James⁷⁸, Las Normas Peruanas de Diseño de carreteras establecen que deberá evitarse pasar bruscamente de una zona de curvas de gran radio a otras de radios marcadamente menores. Deberá pasarse en forma gradual, intercalando entre una y otras curvas de radio de valor decreciente antes de alcanzar el radio mínimo. También deberá evitarse ángulos pequeños de deflexión.

2.5.2.4.2 Curvas Horizontales

2.5.2.4.2.1 Radios de Diseño

Según Cárdenas Grisales James⁷⁹, El radio de una curva horizontal, es función de la velocidad directriz y del peralte, dichos radios se calcularan mediante la siguiente fórmula:

$$R = \frac{V^2}{127 (P + f)} \dots\dots (14)$$

Donde:

- V = Velocidad Directriz (km/h)
- P = Peralte máximo en centésimas
- f = Coeficiente de fricción

⁷⁸ Ministerio de transportes y comunicaciones, Norma Peruana de Diseño de Carreteras, pág. 18.
⁷⁹ CARDENAS GRISALES James, Diseño Geométrico de Carreteras, pág. 25

El coeficiente de fricción está dado por la siguiente tabla:

Tabla N°35: Fricción transversal máxima en curvas.

Velocidad directriz Km./h	F
15	0.40
20	0.35
30	0.28
40	0.23
50	0.19
60	0.17
70	0.15
80	0.14
90	0.13
100	0.12

Fuente: Manual para el Diseño de Carreteras Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito

Los valores de los radios mínimos a emplearse se especifican en las Tablas.

Tabla N°36: Radios Mínimos y Peraltes Máximos

Velocidad directriz (km/h)	Peralte máximo e (%)	Valor límite de fricción f_{max}	Total ($e/100 + f$)	Radio calculado (m)	Radio redondeado
15	4,0	0,40	0,44	4,0	4
20	4,0	0,35	0,39	8,1	8
30	4,0	0,28	0,32	22,1	22
40	4,0	0,23	0,27	46,7	47
50	4,0	0,19	0,23	85,6	86
60	4,0	0,17	0,21	135,0	135
70	4,0	0,15	0,19	203,1	203
80	4,0	0,14	0,18	280,0	280
90	4,0	0,13	0,17	375,2	375
15	6,0	0,40	0,46	3,9	4
20	6,0	0,35	0,41	7,7	8
30	6,0	0,28	0,34	20,8	21
40	6,0	0,23	0,29	43,4	43
50	6,0	0,19	0,25	78,7	79
60	6,0	0,17	0,23	123,2	123
70	6,0	0,15	0,21	183,7	184
80	6,0	0,14	0,20	252,0	252
90	6,0	0,13	0,19	335,7	336
15	8,0	0,40	0,48	3,7	4
20	8,0	0,35	0,43	7,3	7
30	8,0	0,28	0,36	19,7	20
40	8,0	0,23	0,31	40,6	41
50	8,0	0,19	0,27	72,9	73
60	8,0	0,17	0,25	113,4	113
70	8,0	0,15	0,23	167,8	168
80	8,0	0,14	0,22	229,1	229
90	8,0	0,13	0,21	303,7	304

15	10,0	0,40	0,50	3,5	4
20	10,0	0,35	0,45	7,0	7
30	10,0	0,28	0,38	18,6	19
40	10,0	0,23	0,33	38,2	38
50	10,0	0,19	0,29	67,9	68
60	10,0	0,17	0,27	105,0	105
70	10,0	0,15	0,25	154,3	154
80	10,0	0,14	0,24	210,0	210
90	10,0	0,13	0,23	277,3	277
15	12,0	0,40	0,52	3,4	3
20	12,0	0,35	0,47	6,7	7
30	12,0	0,28	0,40	17,7	18
40	12,0	0,23	0,35	36,0	36
50	12,0	0,19	0,31	63,5	64
60	12,0	0,17	0,29	97,7	98
70	12,0	0,15	0,27	142,9	143
80	12,0	0,14	0,26	193,8	194
90	12,0	0,13	0,25	255,1	255

Fuente: Manual para el Diseño de Carreteras Pavimentadas de Bajo Tránsito Volumen de

Tabla N° 37: Radios Mínimos Normales

VELOCIDAD DIRECTRIZ (KM/H) 30	RADIOS MÍNIMOS (M)		
	Normal	Excep.:	Excep:
	p=6%	p=8%	p=10%
	30	27	25

Fuente: Normas peruanas de diseño de carreteras.

2.5.2.4.2.2 Peralte

Según Cárdenas Grisales James⁸⁰, Cuando un vehículo ingresa a una curva, se genera una fuerza que tiende a arrojarla hacia afuera. Esta fuerza, llamada fuerza centrífuga, es equivalente al producto de la masa por la aceleración y está dirigida hacia afuera de la curva. Con el fin de contrarrestar la acción de ésta fuerza, todas las curvas horizontales deberán ser peraltadas (inclinación de la superficie de la carretera hacia adentro).

El peralte también puede calcularse mediante la fórmula⁸¹:

$$P = \frac{V^2}{127 R} \% - f \dots\dots\dots (15)$$

Donde:

⁸⁰ CARDENAS GRISALES James, Diseño Geométrico de Carreteras, pág. 30.
⁸¹ Ministerios de transportes y comunicaciones, Normas Peruanas de Diseño de Carreteras, pág. 250.

V = velocidad directriz
R = Radio de la curva
f = coeficiente de fricción.

Para el presente proyecto el peralte tendrá un valor máximo normal de 6% y como valor máximo excepcional = 10%.

2.5.2.4.2.3 Elementos de las Curvas Horizontales

Según Cárdenas Grisales James⁸², Los elementos de las curvas horizontales que permiten su ubicación y trazo en el campo, son:

- PI: Punto de intersección de dos alineamientos.
- PC: Principio de curva.
- PT: Principio de tangencia o término de curva.
- I: Angulo de intersección de dos alineamientos.
- R: Radio de la curva.
- T: Tangente de la curva.
- E: Externa.
- Lc: Longitud de curva circular (arco PC- PT).
- C: Cuerda entre el PC y PT.
- f: Flecha.

Las fórmulas para el cálculo de los elementos de la curva son⁸³:

- Longitud de Tangente :

$$T = R[\tan(I / 2)] \dots\dots\dots (16)$$
- Longitud de Curva. :

$$Lc = \pi(R * I) / 180 \dots\dots\dots (17)$$
- Longitud de Cuerda :

$$O = 2R \text{Sen}(I / 2) \dots\dots\dots (18)$$
- Longitud de Flecha :

$$F = R [1 - \text{Cos} (I / 2)] \dots\dots\dots (19)$$

⁸² CARDENAS GRISALES James, Diseño Geométrico de Carreteras, pág. 35.
⁸³ CARDENAS GRISALES James, Diseño Geométrico de Carreteras, pág. 36.

- Longitud de Externa :

$$E = R \left[\sec \left(\frac{I}{2} \right) - 1 \right] \quad \dots\dots\dots (20)$$

Donde:

R : Radio de la curva en metros.

I : Ángulo de intersección de los alineamientos que generan la curva.

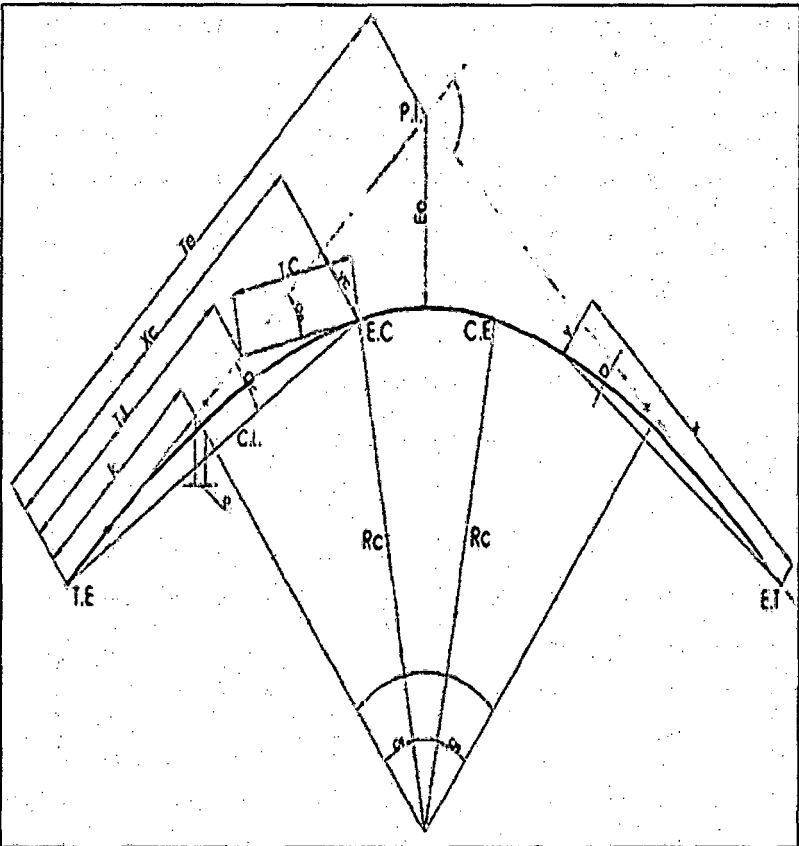


Figura N° 11: Elementos de las Curvas Horizontales.
Fuente: Diseño Geométrico de Carreteras.

2.5.2.5 Perfil Longitudinal

2.5.2.5.1 Secciones Transversales

✓ **Ancho de Pavimento.**

Según Cárdenas Grisales James⁸⁴, se clasifican en los siguientes:

⁸⁴ CARDENAS GRISALES James, Diseño Geométrico de Carreteras, pág. 45.

❖ **Tramos en Tangente**

Las Normas Peruanas de Diseño de Carreteras indican los valores apropiados del ancho del pavimento para cada velocidad directriz en relación del tráfico previsto y de la importancia de la carretera.

❖ **Tramos en Curva.**

Las secciones indicadas anteriormente, estarán provistas de sobreancho en los tramos de curva de acuerdo a lo indicado en el inciso 5.3.5. De las Normas peruanas de diseño de carreteras.

✓ **Bombeo**

Según Coronado Iturbe J.⁸⁵, Las Normas peruanas de diseño de carreteras indican que las carreteras con pavimento de tipo superior estarán provistas de bombeo en los tramos en tangente, con los valores comprendidos entre 1% y 2%. En los tramos en curva, el bombeo será sustituido por el peralte en la forma indicada anteriormente.

✓ **Bermas**

Según el MTC – PERÚ⁸⁶, en la Norma Peruana de Diseño de Carreteras, hace referencia que las bermas serán diseñadas para suministrar el suficiente soporte a los bordes del pavimento, y para proporcionar un lugar fuera de la vía de tránsito que pueda ser utilizada por los peatones y también para el estacionamiento temporal de vehículos malogrados. Además podrían servir de base para futuros ensanches.

✓ **Ancho de la calzada**

Según el MTC – PERÚ⁸⁷, en la Norma Peruana de Diseño de Carreteras indica que el ancho de la calzada o rasante terminada, resulta de la suma del ancho del pavimento y del ancho de las bermas y; en curvas horizontales, aumentadas del sobreancho respectivo.

⁸⁵ Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Normas Peruanas de Diseño de Carreteras, pág. 166.

⁸⁶ Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Normas Peruanas de Diseño de Carreteras, pág. 167.

⁸⁷ Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Normas Peruanas de Diseño de Carreteras, pág. 168.

✓ **Plazoletas de estacionamiento**

Según Guerra Bustamante, C⁸⁸. Las normas peruanas establecen que cuando el ancho de las bermas es menor de 2.40 m, se deberá prever, en cada lado de la carretera y a una distancia no mayor de 400 m. plazoletas de estacionamiento de dimensiones mínimas utilizables, de 3.00 x 30.00 m. La ubicación de dichas plazoletas, se indican en los planos en planta y de secciones transversales del presente estudio.

✓ **Taludes**

Según el MTC – PERÚ⁸⁹, en la Norma Peruana de Diseño de Carreteras conceptualiza a los Taludes, cualquier superficie inclinada con respecto a la horizontal que adopta una masa de tierra con la intervención de la mano del hombre.

Tabla N° 38: Taludes de Relleno

<i>Material</i>	<i>Talud V: H</i>
Enrocado	01:01
Terrenos varios	01:01.5
Arena	01:02

Fuente: Normas peruanas de diseño de carreteras.

Tabla N° 39: Taludes de Corte

Clase de terreno	Talud V: H
Roca fija	10:01
Roca suelta	4:1
Conglomerados	3:1
Tierra	2:1
Compactada.	1:1
Tierra suelta	1:2
Arena	1:2

Fuente: Normas peruanas de diseño de carreteras.

⁸⁸ EDICIÓN CIENCIAS, Trazado de Artes de Carreteras, pág. 63.

⁸⁹ Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Normas Peruanas de Diseño de Carreteras, pág. 175.

2.5.2.5.2 Rasante

Según Cárdenas Grisales James⁹⁰, indica que en terreno llano, la rasante estará sobre el terreno por razones de drenaje, salvo casos especiales.

- En terreno ondulado, por razones de economía, la rasante seguirá las inflexiones del terreno.
- En terreno accidentado o montañoso será necesario adaptar la rasante al terreno, evitando los tramos en contrapendiente, cuando debe vencerse un desnivel considerable, ya que ello conduciría a un alargamiento innecesario.

2.5.2.5.3 Curvas Verticales

Según Cárdenas Grisales James⁹¹, Las curvas verticales son utilizadas para dar transiciones a cambios de pendiente. Las Normas peruanas de diseño de carreteras establecen que los tramos consecutivos de rasante serán enlazados con curvas verticales parabólicas, cuando la diferencia algebraica de sus pendientes sea de 1% para pavimento de tipo superior y de 2% para las demás. Se han proyectado curvas verticales parabólicas simétricas.

La visibilidad en la carretera deberá estar garantizada en el perfil y debe ser tal que permita al vehículo detenerse antes de llegar a tocar un obstáculo fijo que se encuentre en su vía de circulación o maniobrar sin peligro alguno ante un vehículo que viene en sentido contrario.

Las curvas verticales pueden ser:

- Por su forma; cóncavas y convexas.
- Por la longitud de sus ramas: simétricas y asimétricas.

Para Curvas Simétricas: Cóncavas y Convexas.

Según Cárdenas Grisales James⁹², nos da la siguiente relación para curvas simétricas:

⁹⁰ CARDENAS GRISALES James, Diseño Geométrico de Carreteras, pág. 49.

⁹¹ Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Normas Peruanas de Diseño de Carreteras, pág. 139

⁹² CARDENAS GRISALES James, Diseño Geométrico de Carreteras, pág. 35

Donde:

PCv : Principio de Curva Vertical.

Plv : Punto de Intersección Vertical.

PTv : Término de Curva Vertical.

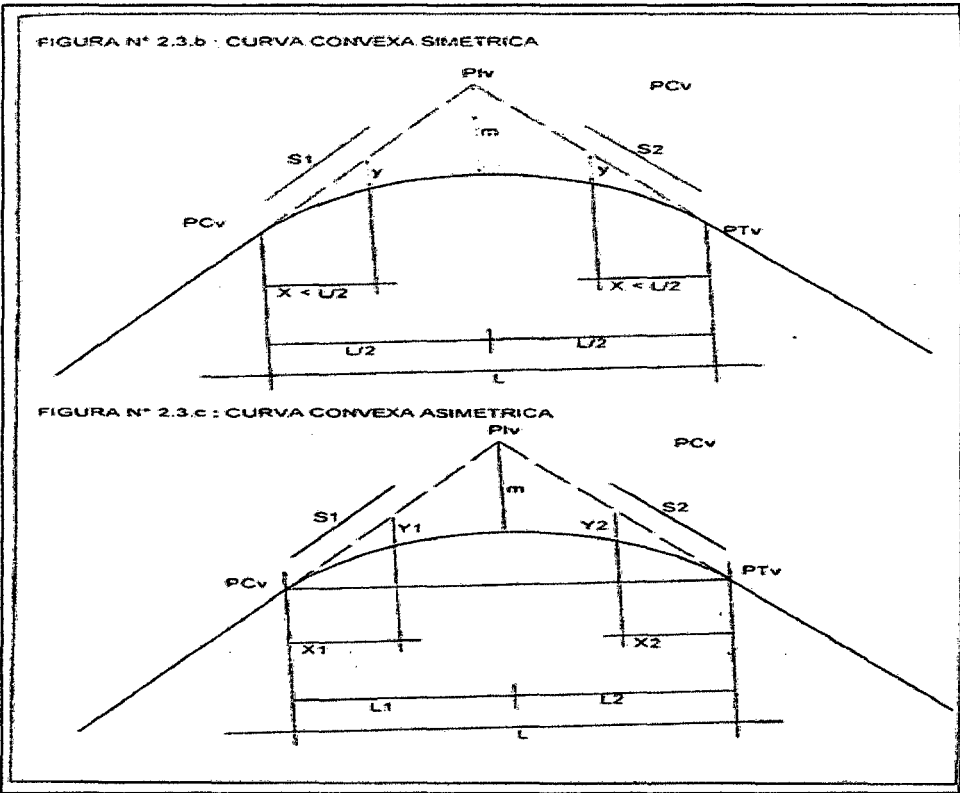


Figura N° 09: Para curvas convexas simétricas.

Fuente: Diseño Geométrico de Carreteras.

Las fórmulas empleadas son:

$$A = S_1 (\%) - S_2(\%)$$

$$Y_i = X_i^2 / 200L \dots\dots\dots (21)$$

$$m = LA / 800 \dots\dots\dots (22)$$

Donde:

A : Diferencia Algebraica de Pendientes (%).

Si : Pendiente en cada tramo de Subrasante.

L : Longitud de la Curva Vertical.

X_i, Y_i : Coordenadas rectangulares de un punto cualquiera de la curva, tomados a partir de PCV.

m : Ordenada media.

Para Curvas Asimétricas: Cóncavas y Convexas.

Según Cárdenas Grisales James⁹³, nos da la siguiente relación para curvas asimétricas:

Las fórmulas empleadas son:

$A = S_1(\%) - S_2(\%) \dots\dots\dots (23)$

$m = (L_1 L_2 A)/200 (L_1+L_2) \dots\dots\dots (24)$

$Y_i = (X_1)^2 m/L_1^2 \dots\dots\dots (25)$

$Y_2 = (X_1)^2 m/L_1^2 \dots\dots\dots (26)$

Algunas veces se presenta casos en que no se pueda diseñar con las Normas Peruanas de Diseño de Carreteras, o cuando ésta da valores muy pequeños y no existen restricciones topográficas, de drenaje, etc., se tomará el criterio sugerido por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Vivienda y Construcción, de dar a la curva vertical una longitud de 80m.

2.5.2.5.4 Pendiente

La pendiente (i) de una carretera o camino es la inclinación longitudinal que tiene o se dispone a la plataforma de una carretera.

Pendiente mínima

Según Cárdenas Grisales James⁹⁴, En los tramos en corte se evitará el empleo de pendientes menores de 0.5%. Podrá hacerse uso de rasantes horizontales en los casos en que as cunetas adyacentes puedan ser dotadas de la pendiente necesaria para garantizar el drenaje.

⁹³ CARDENAS GRISALES James, Diseño Geométrico de Carreteras, pág. 35
⁹⁴ Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Normas Peruanas de Diseño de Carreteras, pág. 142.

Pendiente máxima normal

Según Cárdenas Grisales James⁹⁵, indica que es la máxima que se puede usar considerando la altitud a la que se encuentra la vía. De acuerdo a las Normas peruanas de diseño de carreteras, se ha considerado:

Tabla N° 40: Pendientes máximas normales

Altitudes (m.s.n,m)	Pendientes (%)	Long. Máx. (m)
< 3000	7	800
> 3000	6	800

Fuente: Normas peruanas de diseño de carreteras.

Pendiente máxima excepcional

Según Cárdenas Grisales James⁹⁶, Se recurrirá al empleo de ella cuando existan motivos justificados para su uso y especialmente si el empleo de pendientes menores induce a alargamiento innecesario o aumento de tortuosidad en el trazado u obras costosas. De acuerdo a las Normas peruanas de diseño de carreteras, se ha considerado:

Tabla N° 41: Pendientes máximas excepcionales

Altitudes (m.s.n.m)	Pendientes (%)	Long. Máxima (m)
< 3000	8	300
> 3000	7	300

Fuente: Normas peruanas para el diseño de carretera.

⁹⁵ Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Normas Peruanas de Diseño de Carreteras, pág. 142.

⁹⁶ Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Normas Peruanas de Diseño de Carreteras, pág. 144

Pendiente medias

Según Cárdenas Grisales James⁹⁷, Dado que el uso indiscriminado de pendientes, en especial de los valores máximos normales y/o excepcionales, conduce a líneas de gradiente no apropiadas para el tránsito normal de los vehículos, en particular para los pesados, existen indicadores que regulan el valor de la pendiente media máxima para un conjunto de pendientes para determinada longitud del tramo.

Para el presente proyecto, por ser una carretera de tercera, se ha considerado:

- Pendiente máxima normal: 7.00 %
- Pendiente máxima excepcional: 10.00 %
- Pendiente Media Permisible: 4.50 %

Tabla Nº 42: Pendientes medias permisibles para tramos de 10 km

Clase de carretera	Topografía	Pendiente	Media			
		0 a 1000	1000 a 2000	2000 a 3000	3000 a 4000	Más de 4000
Primera	Plana	4.60	4.20	3.80	3.40	3.00
	Ondulada	4.60	4.20	3.80	3.40	3.00
	Accidentada	4.60	4.20	3.80	3.40	3.00
Segunda	Plana	4.60	4.20	3.80	3.40	3.00
	Ondulada	4.60	4.20	3.80	3.40	3.00
	Accidentada	4.60	4.20	3.80	3.40	3.00
Tercera	Plana	5.00	4.60	4.20	3.80	3.40
	Ondulada	5.00	4.60	4.20	3.80	3.40
	Accidentada	5.00	4.60	4.20	3.80	3.40
Cuarta	Plana	5.00	4.60	4.20	3.80	3.40
	Ondulada	5.00	4.60	4.20	3.80	3.40
	Accidentada	5.00	4.60	4.20	3.80	3.40

Fuente: Normas peruanas de diseño de carreteras.

⁹⁷ Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Normas Peruanas de Diseño de Carreteras, pág. 147.

2.5.2.6 Comparación entre Pavimentos Flexibles (NAASRA, AASHTO E Instituto del Asfalto)

Según Ibáñez, Walter⁹⁸, Considerando que el proyecto en estudio es de una Carretera de Tipo 3 y teniendo en cuenta que los parámetros que da el Instituto del Asfalto están dados para vías de gran volumen de tráfico pesado (basado en la Carretera Experimental AASHTO) y no se ajustan a la realidad del proyecto o no se cuentan con ciertos datos; entonces se ha creído por conveniente hacer uso del método NAASRA y comparar con dos métodos de diseño, el método AASHTO y el Método del Instituto del Asfalto y de esta manera concluir con cada uno de los métodos para su respectivo análisis de materiales; estas comparaciones se realizará en el capítulo 3 (métodos) y los resultados y comparaciones en el capítulo 4.

2.5.2.7 Estudio de Impacto Ambiental

Según MTC - PERÚ⁹⁹, en las Normas Peruanas de Diseño de Carreteras, indica que las autopistas, autovías y carreteras en general son obras en las que predomina la longitud y la continuidad respecto a su anchura, formando una obra lineal en forma de barrera, cuya influencia sobre el medio ambiente viene condicionada por estas características.

La geometría actual de las carreteras está sujeta a normas precisas de pendientes, radio, anchuras y taludes, necesarias para una circulación rápida y segura, pero en muchas ocasiones hacen que sea difícil la adaptación al terreno provocando desmontes o terraplenes importantes, así como estructuras o túneles que destacan fuertemente del entorno.

La construcción de una carretera nueva requiere un despliegue de medios humanos, de movimiento de maquinarias y de aportación de materiales, que modifican el entorno inicial; algunos de una manera temporal, como los primeros y otro de una manera permanente como canteras, areneros graveras y zonas de préstamos.

Durante el uso de las carreteras se genera otra serie de modificaciones del

⁹⁸ IBÁÑEZ, Walter, Costos y Tiempos en Carreteras, pág. 39.

⁹⁹ Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Normas Peruanas de Diseño de Carreteras, pág. 310

entorno, producidas por el tráfico atraído, como ruido, emisión de gases, posibles vertidos contaminantes, accidentes, influencia sobre la fauna y la flora, modificaciones de la hidrología superficial y subterránea, y otros varios.

Los conceptos mencionados de una manera somera ponen de manifiesto que la construcción de una carretera produce una ínter relación de factores que es necesario estudiar para conseguir el máximo de bienestar para la sociedad, equilibrando los beneficios que se obtienen por la puesta en servicio de una carretera, con los perjuicios que se ocasionan al medio ambiente.

La carretera transforma para un gran periodo de tiempo la zona que atraviesa y por ello su efecto conjunto económico-ecológico debe ser beneficioso y progresar con el tiempo.

Los estudios de impacto ambiental deben tener como objetivo genérico la mejora de todo el entorno de la carretera de manera que el impacto negativo se reduzca a la mínima expresión, o incluso que se aumente la riqueza florística y faunística de la zona.

Como resumen esquemático de las ventajas e inconvenientes de una carretera, que es necesario ponderar en el estudio de impacto ambiental, en el siguiente cuadro las principales variables a tener en cuenta.

Según el Proyecto Especial Alto Mayo, en el área de Gerencia de Infraestructura¹⁰⁰ nos indican que al realizar el estudio de impacto ambiental en el proyecto Rioja – Posic, hemos tenido en cuenta los diversos problemas que podría ocasionar, en este caso refiriéndose a la mecánica de suelos, como a las excavaciones de calicatas al costado de la carretera, se ha hecho las excavaciones cuidando los aspectos ambientales, protegiendo así posibles especies de flora como árboles que están en peligro de extinción u otras especies de plantas botánicas.

Además en la extracción de material base o afirmado de las canteras del

¹⁰⁰ Proyecto Especial Alto Mayo, Gerencia de Infraestructura, Moyobamba, San Martín.

río Tonchima y del cerro Yorongos, que se ha utilizado en el proyecto, se ha tenido en cuenta el impacto ambiental que podría tener al extraer los materiales de dichas canteras, siendo factible y viable el proyecto, porque no se han encontrado especies de flora y fauna que están en posible peligro de extinción o tampoco podría alterar el medio ambiente, pero si viéndose afectado el paisaje debido a las excavaciones en las canteras¹⁰¹.

Cuando se terminó de realizar las excavaciones referente a la mecánica de suelos, se tomó el estudio del impacto ambiental para el diseño de pavimento, se ha hecho uso de un tipo de emulsión asfáltica Catiónica de Rotura Lenta (Cationic Slow Setting) Tipo CSS – 1H, este tipo de emulsión se mezcla con agua y según las especificaciones técnicas,¹⁰² no dañan el medio ambiente, a comparación de otros tipos de emulsiones asfálticas que son tóxicas y que son muy perjudicables para el medio ambiente (RC – 250), este tipo de emulsión no se optó ya que es muy tóxico y se tuvo en cuenta el medio ambiente y los impactos ambientales que se tendría al mezclar o regar durante la colocación de toda la superficie del pavimento, desde la imprimación, hasta el tratamiento superficial mono capa y Slurry Seal.

2.5.2.7.1 Ventajas

Según MTC - PERÚ¹⁰³, en las Normas Peruanas de Diseño de Carreteras, indican las siguientes ventajas:

a) Aspecto Económico

- Aumenta la circulación de personas, mercancías.
- Aumenta el desarrollo económico general de la zona.
- Fomenta el turismo.
- Redistribuye el tráfico reduciendo desplazamientos largos.

b) Aspecto Social

- Aumento de posibilidades de traslado de los habitantes de zonas próximas.

¹⁰¹ Proyecto Especial Alto Mayo, Gerencia de Infraestructura, Moyobamba, San Martín.

¹⁰² AKZO NOVEL, productos y aplicaciones, pág. 07

¹⁰³ Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Normas Peruanas de Diseño de Carreteras, pág. 335

- Mejora la estación general de servicios a todos los usuarios.

c) Seguridad

- Mejora la seguridad para los usuarios, sobre todo en autopistas.
- Mejora de la seguridad de los habitantes de zonas próximas por supresión de pasos a nivel e intersecciones.

d) Infraestructura

- Aumento de la red de vías de comunicación.
- Aumento de zonas de servicios al usuario.

e) Entorno

- Descubrimiento de nuevas zonas y paisajes.
- Posibilidad de regenerar zonas áridas.
- Aumento del valor de zonas artísticas apartadas.

2.5.2.7.2 Inconvenientes

Al realizar un proyecto de carretera o proyectos viales diversos, se generan varios inconvenientes, el cual generan problemas económicos, sociales, atenta a la seguridad de los peatones o vehículos que circulan por la zona, a la infraestructura del mismo proyecto dañando de esta manera el medio ambiente.

a) Aspecto Económico

- Riesgo de despoblamiento de pequeños núcleos.
- Desaparición de tierras agrícolas y bosques.
- Creación de una barrera a las actividades agrícolas.

b) Aspecto Social

- Producción de ruido y gases nocivos para los habitantes cercanos a la carretera.
- Modificación de costumbres.

c) Seguridad

- Inseguridad y riesgo de accidentes para peatones o vehículos lentos, si no se impide el cruce a nivel, o si las obras de paso están lejanas o incómodas.

d) Infraestructura

- Destrucción de suelo agrícola o urbano.
- Extracción de materiales, a veces escasos.

e) Entorno

- Transformación del paisaje natural, con riesgo de destrucciones irreversibles.
- Modificación del equilibrio geológico, microclimático, faunístico, botánico, hidráulico y humano.

2.5.2.7.3 Metodología de un Estudio de Impacto Ambiental (E.I.A.) de una Carretera

Los estudios de impacto ambiental deben adaptarse a las normas legales especificadas por el Ministerio de Transporte, Comunicaciones, Vivienda y Construcción. Existen múltiples publicaciones especializadas que pueden servir de orientación de un E.I.A de carreteras.

El objetivo de lo E.I.A. consiste en analizar el estado natural de la zona, tanto desde el punto de vista del medio físico, como del socioeconómico y cultural y después de este análisis previo, suponer razonablemente el estado final en que quedará la zona tras la construcción de la carretera. La diferencia entre el estado inicial y el final constituye el impacto ambiental.

El objetivo principal es obviamente elegir la solución que menos perturbe el medio físico y humano y también proponer las medidas correctoras oportunas que atenúen este impacto negativo o que incluso supongan una mejora en algunos casos y zonas parciales.

La máxima eficacia de los Estudios de Impacto Ambiental se obtiene al desarrollar con la mayor amplitud posible en los estudios previos de carreteras, ya que pueden influir en la elección del itinerario alternativo más idóneo que evite el paso por zonas protegidas (parques naturales, bosques, reservas faunísticas, yacimientos arqueológicos paisajes interesantes, etc.). En la fase de anteproyecto el EIA permite menos variaciones espaciales, pero aún puede ejercer un efecto beneficioso en

variaciones espaciales, pero aún puede ejercer un efecto beneficioso en el campo de la elección de soluciones estructurales (puentes, túneles, desmontes, terraplenes, cauces naturales, etc.), y también precisar las medidas correctoras, indicadas en el E.I.A. del estudio previo.

En la fase de proyecto la actividad más importante de un Estudio de impacto Ambiental es la adopción, diseño y valoración de las medidas correctoras más adecuadas en cada punto concreto (barreras visuales, acústicas, protección de taludes, plantaciones en medianas, taludes y entorno, miradores, parques laterales, etc.)

El conjunto de acciones y objetivos de un EIA de carreteras se los puede resumir según las fases del diseño de una carretera.

Tabla N° 43: Objetivos principales de un E.I.A de carreteras

<i>FASE</i>	<i>Análisis del estado inicial</i>	<i>Valoración impactos</i>	<i>Medidas correctivas</i>
Estudios Previos	Elegir la solución de trazado más favorable entre varias alternativas	Análisis de impactos generales en zonas amplias.	Indicación de tipos generales.
Ante proyecto	Elección de soluciones estructurales concretas en las zonas localizadas	Análisis de impactos detallados en zonas relativamente estrechas	Elección de un tipo de medidas correctoras por clase de impacto y zona.

Proyecto	Elección y justificación de cada parte del proyecto para reducir al máximo la modificación del medio	Análisis, medición, cuantificación de un impacto concreto en cada punto, que sea necesario.	Diseño completo y presupuesto de cada medida correctora en cada punto.
----------	--	---	--

Fuente: Plan Vial Provincia de Rioja.

El desarrollo de un E.I.A., aunque es una actividad relativamente nueva en los proyectos de carreteras, no debe tratar de imponer una defensa a ultranza del medio natural, sino guardar un equilibrio entre las ventajas e inconvenientes de la construcción de una carretera citados anteriormente logrando la máxima utilidad posible con el mínimo daño del medio ambiente.

2.5.2.7.4 Justificación para el Estudio del Impacto Ambiental

Según MTC - PERÚ¹⁰⁴, en las Normas Peruanas de Diseño de Carreteras, indica que actualmente muchos proyectos de carreteras se planifican y realizan sin un adecuado estudio de impacto ambiental, debido principalmente al reducido presupuesto con que cuenta el estado para llevarlo a cabo, y cuya adecuada aplicación incrementaría notablemente el presupuesto al momento de ejecutarse.

Todo esto unido con los intereses políticos de realizarlo lo más pronto y barato posible contribuye a descuidar la aplicación de un estudio de impacto ambiental que a la larga favorece el mantenimiento en buen estado de las carreteras. La construcción y funcionamiento del proyecto acarreará muchos efectos al medio ambiente y la población en general que hay que prevenir, razón por la cual se realizará el estudio respectivo.

¹⁰⁴ Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Normas Peruanas de Diseño de Carreteras, pág. 350

2.5.2.7.5 Objetivo del Estudio de Impacto Ambiental

Según MTC - PERÚ¹⁰⁵, en las Normas Peruanas de Diseño de Carreteras, nos dan los siguientes objetivos:

- ✓ Analizar los impactos ambientales que tendrá la construcción del proyecto de carretera, bajo un contexto en el que el medio ambiente se le conceptúa como un sistema complejo dispuesto en el espacio y el tiempo, constituido por elementos y procesos de orden natural, social, económico y cultural.
- ✓ Permitirá el examen y la evaluación sistemática de las consecuencias ambientales del proyecto, teniendo como objetivo que las autoridades y la sociedad en su conjunto cuenten con información profunda acerca de las implicancias socio - ambientales que podrían traer como consecuencia la construcción de dicha carretera.
- ✓ Establecer un plan de manejo ambiental y proponer un plan de monitoreo que evalúe la efectividad de las medidas correctivas.
- ✓ Diseñar un plan de monitoreo cuyos sistemas de seguimiento y control permitan evaluar el comportamiento, eficiencia y eficacia del plan de manejo, así como del proyecto.
- ✓ Tomar decisiones acerca de la viabilidad del proyecto con el debido sustento técnico.

2.5.2.7.6 Factores Ambientales del Medio

Según MTC - PERÚ¹⁰⁶, en las Normas Peruanas de Diseño de Carreteras indica que los factores ambientales del medio natural serían *afectados por la ejecución de la carretera son: suelo, aire, agua, medio ambiente y socio económico*, el cual incluyen acciones humanas en el proyecto, es decir lo siguiente:

¹⁰⁵ Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Normas Peruanas de Diseño de Carreteras, pág. 355

¹⁰⁶ Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Normas Peruanas de Diseño de Carreteras, pág. 356

A. Acciones Humanas del Proyecto

La vía a construirse será diseñada teniendo en cuenta todos los criterios adoptados por las Normas Peruanas de carreteras de tal forma que permitan una mejor calidad y comodidad para el transporte, así como para los transeúntes que utilicen esta vía, el proyecto no solo beneficiara a toda la población aledaña, sino también a los turistas que inmigren de otras zonas, incrementándose notablemente el potencial turístico del departamento de San Martín.

Por tal motivo las acciones que corresponden para el E.I.A. Están en relación con las partidas a ejecutar y que tienen como finalidad el evaluar y corregir las repercusiones que representarán los diferentes trabajos mediante un plan de manejo ambiental en la construcción de la carretera.

Se ha realizado el seccionamiento transversal del eje cada 20 m. y en los puntos de inflexión del terreno cada 10m, en una distancia promedio de 20m a ambos lados del eje de la carretera.

Los taludes en cortes han sido asumidos según el tipo del suelo, y en relleno 1: 1.5 (V:H), con el fin de garantizar la estabilidad de los mismos.

2.5.3 Marco Conceptual: Terminología Básica

Según el Ministerio de Transporte y Comunicaciones - Perú¹⁰⁷, a través del manual para el diseño de Carreteras no Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito, se ha extraído algunos conceptos básicos con lo que respecta el diseño de carreteras y diseño de pavimentos.

- ✓ **Afirmado.** Capa de material selecto procesado o semi procesado de acuerdo al diseño que se coloca sobre la sub rasante de una carretera,

¹⁰⁷ Ministerio de transporte y comunicaciones, Manual para el Diseño de Carreteras no Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito N° 303-2008-MTC/02, pág. 35-120

funciona como capa de rodadura y de soporte de tráfico en carreteras no pavimentadas.

- ✓ **Berma.** Franja longitudinal, pavimentada o no, comprendida entre el borde exterior de la calzada y la cuneta o talud.
- ✓ **Bombeo.** Pendiente transversal de la plataforma en tramos en tangente.
- ✓ **BM.** Es un punto topográfico de elevación fija que sirve de control para la construcción de carreteras de acuerdo a los niveles de proyecto. Generalmente está constituido por un hito o monumento.
- ✓ **Calzada.** Parte de la carretera destinada a la circulación de vehículos. Se compone de un cierto número de carriles.
- ✓ **Camino.** Vía terrestre para el tránsito de vehículos motorizados, peatonales y animales, con excepción de vías férreas.
- ✓ **Carretera.** Camino para el tránsito de vehículos motorizados, de por lo menos dos ejes con características geométricas definidas de acuerdo a las normas técnicas vigentes en el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- ✓ **Carretera Pavimentada.** Carretera cuya superficie de rodadura está conformada por material bituminoso (flexible) o de concreto portland (rígida).
- ✓ **Carretera no Pavimentada.** Carretera cuya superficie de rodadura está conformada por gravas o afirmado, suelos estabilizados o terreno natural.
- ✓ **Carril.** Franja longitudinal en que está dividida la calzada, delimitada o no por marcas viales longitudinales, y con ancho suficiente para la circulación de una fila de vehículos.
- ✓ **Corona.** Superficie de la carretera terminada comprendida entre los bordes exteriores de las bermas.

- ✓ **Curva Vertical.** Curva en elevación que enlaza dos rasantes con diferente pendiente.
- ✓ **Derecho de Vía.** Faja de ancho variable dentro de la cual se encuentra comprendida la carretera y todas sus obras accesorias.
- ✓ **Despeje Lateral.** Explanación necesaria para conseguir una determinada distancia de visibilidad.
- ✓ **Distancia de Adelantamiento.** Distancia necesaria para que, en condiciones de seguridad, un vehículo pueda adelantar a otro que circula a menor velocidad, en presencia de un tercero que circula en sentido opuesto.
- ✓ **Distancia de Cruce.** Es la longitud de carretera que debe ser vista por el conductor de un vehículo que pretende atravesar dicha carretera (vía preferencial).
- ✓ **Distancia de Parada.** Distancia total recorrida por un vehículo obligado a detenerse tan rápidamente como le sea posible, medida desde su situación en el momento de aparecer el objeto u obstáculo que motiva la detención.
- ✓ **Diseño Geométrico.** Es el estudio geométrico de una carretera tomando como base el tráfico que soporta; el alineamiento de su eje, un conjunto de características técnicas y de seguridad que debe reunir para el tránsito vehicular y peatonal formando parte de una gestión inteligente.
- ✓ **Drenaje.** Conjunto de obras que tienen como fin evacuar las aguas superficiales y subterráneas que afectan a una vía.
- ✓ **Eje.** Línea que define el trazado en planta o perfil de una carretera, y que se refiere a un punto determinado de su sección transversal.
- ✓ **Escorrentía.** Agua de lluvia que discurre por la superficie del terreno.

- ✓ **Explanación.** Zona de terreno realmente ocupada por la carretera, en la que se ha modificado el terreno original.
- ✓ **Hidrología.** Ciencia que trata de las propiedades mecánicas, físicas y químicas de las aguas en general.
- ✓ **Guardavías.** Sistema de contención de vehículos empleado en los márgenes y separadores de las carreteras.
- ✓ **Índice Medio Diario (IMD).** Número promedio de vehículos medido en un período de 24 horas, del total de vehículos que pasan por una sección determinada de vía.
- ✓ **Índice Medio Diario Anual (IMDA).** El volumen de tránsito promedio ocurrido en un período de 24 horas promedio del año.
- ✓ **Impacto Ambiental.** Es la alteración o modificación del medio ambiente ocasionado por la acción del hombre o de la naturaleza que incluye los impactos socio ambiental.
- ✓ **Línea de Gradiente.** Es una línea quebrada que tiene una determinada pendiente y sirve para ubicar la posible poligonal que servirá de base para el estudio definitivo.
- ✓ **Pavimento.** Es la estructura construida sobre la subrasante, para los siguientes fines. Resistir y distribuir los esfuerzos originados por los vehículos y Mejorar las condiciones de comodidad y seguridad para el tránsito.
- ✓ **Pendiente.** Inclinação de una rasante en el sentido de avance.
- ✓ **Peralte.** Inclinação transversal de la plataforma en los tramos en curva.
- ✓ **Plataforma.** Ancho total de la carretera a nivel de subrasante.
- ✓ **Ramal.** Vía que une las calzadas que confluyen en una intersección para solucionar los distintos movimientos de los vehículos.
- ✓ **Rasante.** Línea que une las cotas de una carretera terminada.

- ✓ **Sección Transversal.** Corte ideal de la carretera por un plano vertical y normal a la proyección horizontal del eje, en un punto cualquiera del mismo.
- ✓ **Señalización Vial.** Conjunto de elementos ubicados a lo largo de la carretera con el fin de brindar información gráfica para la orientación de seguridad de los usuarios.
- ✓ **Subrasante.** Superficie del camino sobre la que se construirá la estructura del pavimento.
- ✓ **Trocha Carrozable.** Camino por donde circulan vehículos automotores contruidos con un mínimo movimiento de tierras, con una sección transversal que permite el paso de un solo vehículo.
- ✓ **Terraplén.** Parte de la **explanación** situada sobre el terreno original.
- ✓ **Tramo.** Con carácter **genérico**, cualquier porción de una carretera, comprendida entre dos secciones transversales cualesquiera. Con carácter específico, cada una de las partes en que se divide un itinerario, a efectos de redacción de proyectos.
- ✓ **Tránsito.** Todo tipo de vehículos y sus respectivas cargas, considerados aisladamente o en conjunto, mientras utilizan cualquier camino para transporte o para viaje.
- ✓ **Velocidad Directriz o de Diseño.** Es la máxima velocidad que puede mantener con seguridad sobre una sección determinada de vía. Cuando las circunstancias sean favorables para que prevalezcan las condiciones de diseño.
- ✓ **Vía.** Carretera, vía urbana o camino rural abierto a la circulación públicas de vehículos y o peatonales.
- ✓ **Vía Urbana.** Cualquiera de las que componen la red interior de comunicaciones de una población, siempre que no formen parte de una red arterial.

2.5.4 Marco Histórico

El historial del siguiente proyecto de tesis desarrollado de acuerdo a los lineamientos de las normas peruanas para diseño de carreteras para la elaboración del diseño del pavimento flexible de una carretera, drenaje, señalización, estudio de Impacto Ambiental; con el fin de entender el comportamiento y funcionamiento de dicha obra de ingeniería.

El diseño geométrico de carreteras es la parte más importante del estudio para materializar la construcción de cualquier vía o carretera, no importa su magnitud ya que nos dará una idea concreta de lo que será nuestra carretera. Se debe tomar muy en cuenta el tipo de topografía del terreno porque de esta se determinará su funcionalidad, su costo, su seguridad y otros aspectos importantes de ella; y aunque el diseño geométrico de la carretera sea de gran importancia, el proyecto no se basa en cómo diseñar la carretera, se basa en el diseño del pavimento flexible utilizando el Método NAASRA, el cual se necesitará datos de los estudios de mecánica de Suelos, el Índice de Tráfico, IMD, para su elaboración y de esta manera aplicar en el camino Vecinal Rioja – Posic, tramo km. 00+000 al Km. 6+090, ubicada en la provincia de Rioja, Región San Martín.

Se ha optado utilizar este método ya que se ha verificado que los diseños de pavimentos flexibles con el NAASRA son más rentables por ser caminos de bajo volumen de tránsito y si se optaría por utilizar métodos convencionales como el Método AASHTO no sería económico ya que estos utilizan otras capas de material granular (base, sub base) para luego colocar carpeta asfáltica (paquete estructural) y no justificaría la cantidad de material en el tramo del proyecto.

Es por ello que al aplicar el método NAASRA sólo se colocaría una capa granular (base) para luego poder sellar la estructura con tratamiento superficial llámese Slurry Seal o mortero asfáltico, o mono capa, según criterio, sin necesidad de aplicar más material por la simple razón de que no justifica el Índice Medio Diario (IMD) en el camino Vecinal Rioja – Posic, tramo km. 00+000 al Km. 6+090, ubicada en la provincia de Rioja, Región San Martín.

2.6 Hipótesis

El diseño estructural del pavimento flexible utilizando el método NAASRA mejorará grandemente el Camino Vecinal Rioja – Posic tramo km. 00+000 al Km. 6+090, consiguiendo buena funcionabilidad y adecuada transitabilidad vehicular.

III MATERIALES Y METODOS

3.1 Materiales

Para el presente trabajo se ha hecho uso de lo siguiente:

Recursos Humanos:

- ✓ Asesor
- ✓ Tesista
- ✓ Técnico De Laboratorio

Recursos Materiales:

- ✓ Muestra De Suelos Para Afirmando Base
- ✓ Carta Nacional A Escala 1:100,000
- ✓ Mapa Vial Del Departamento De San Martín.

Recurso Equipos:

- ✓ Wincha De 50 Metros Lineales
- ✓ Bolsas Y Recipientes Para Las Muestras De Suelo
- ✓ Equipo De Mecánica De Suelos
- ✓ Equipo De Laboratorio Para Diseño De Pavimentos
- ✓ Lampas Para Excavación
- ✓ Calculadora Científica Casio Class Pad 330

Otros Recursos:

- ✓ Material Bibliográfico
- ✓ Cámara Fotográfica Canon
- ✓ Cámara Fotográfica Canon
- ✓ Material De Escritorio
- ✓ Software De Cómputo: Microsoft Office Y Autocad
- ✓ Internet (Buscadores De La Web)
- ✓ Hardware: Computadora Portátil Intel Core I5
- ✓ Impresora Canon Pixma 220 Series
- ✓ Plotter Hp 100 Series

3.1.1 Recursos Humanos

Para este presente trabajo de investigación se contó con la colaboración del siguiente personal:

- a) **El Asesor:** Es el que orienta y coordina el desarrollo de la metodología de la investigación de este trabajo para llegar a los objetivos planteados.
- b) **El Tesista:** Es el encargado de desarrollar el trabajo de investigación manejando todos los procesos que intervienen en el desarrollo, coordinando constantemente con el asesor y el personal del laboratorio para llegar a la conclusión de los objetivos trazados.
- c) **El Técnico de Laboratorio:** Es el que realiza las pruebas de los materiales a utilizar así como también interviene en coordinación con el Tesista en el diseño del pavimento flexible y en el diseño de la base con el método NAASRA, de acuerdo al objetivo planteado para luego continuar con los demás procesos y finalmente, concluir con las pruebas de imprimación, de tratamiento superficial, previo estudio de mecánica de suelos.
- d) **El Jefe de Laboratorio:** Es la persona responsable del Laboratorio de Ensayo de Materiales el cual interviene en todo el proceso de pruebas y diseño y diagnóstico final certificando así todas las pruebas realizadas por el Tesista.

3.1.2 Recursos Materiales

Para este trabajo de Tesis se utilizaron los siguientes materiales:

a) **Muestra de suelos para el afirmado base:**

El material para la capa de afirmado se extrajo de dos canteras, de la cantera del Río Tonchima y de la Cantera del Cerro Yorongos, estas dos canteras al mezclarse proporcionan diferentes cualidades, ya que la cantera del Río Tonchima tiene agregados gruesos propios de los ríos y la cantera del cerro Yorongos posee material arcilloso y en el laboratorio se

harán las pruebas respectivas para sus proporciones y de esta manera poder utilizar en la capa base del proyecto.

b) Carta nacional a escala 1:100,000

Se hizo uso de la carta nacional para identificar las coordenadas y de esta manera ubicar al proyecto con respecto al sistema de coordenadas universal.

c) Mapa Vial del Departamento de San Martín

Se hizo uso del mapa vial del Departamento de San Martín para guiarnos y saber la ubicación exacta de la localidad del proyecto (tramo Rioja – Posic), y saber además las conexiones de carreteras que tiene el proyecto.

3.1.3 Recursos De Equipos

a) Wincha de 50 metros lineales

Se ha utilizado wincha para medir la distancia para la excavación de suelo y de esta manera poder extraer la muestra para el laboratorio, las calicatas se realizarán a cada 250 metros dentro del proyecto.

Bolsas y recipientes para las muestras de suelos.

Se ha utilizado las bolsas y recipientes para extraer muestras de suelo de las calicatas y las canteras que se ha utilizado en el proyecto.

b) Equipos de Mecánica de Suelos.

Los equipos de mecánica de suelos han sido utilizados para poder saber los tipos de suelos que existen en la zona del proyecto, y de esta manera concluir si el suelo es bueno, regular o malo, estos son los ensayos estándares que se utilizaron durante el proyecto:

- ✓ Análisis granulométrico por tamizado (NTP 400. 012).
- ✓ Material pasante la malla N° 200 (NTP 339. 132).

- ✓ Límites de consistencia (límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad) (NTP 339. 129).
- ✓ Clasificación SUCS (NTP 339. 134).
- ✓ Clasificación AASHTO (NTP 339. 135).
- ✓ Contenido de humedad (NTP 339. 127).
- ✓ Proctor modificado (NTP 339. 141).
- ✓ California Bearing Ratio (CBR) (NTP 339. 145).

Para estos ensayos se han utilizado los equipos siguientes:

- ❖ Estufa electrónica MEMMERT de 30 a 225 °C

Es el equipo que sirve para para el secado de muestras de suelos. Se utilizará la estufa electrónica para poder obtener los límites de consistencia.

- ❖ Balanza electrónica de 300 gr, 600 gr, 3 kg, 6kg y 12kg.

Se utiliza este equipo para el pesado de muestras de suelo.

- ❖ Equipo de Copa de Casagrande.

- ❖ El equipo de Copa de Casagrande se utiliza para la determinación del Límite Líquido y el Límite Plástico y junto con los Ranuradores AASHTO, Plástico, y la placa de virio se determina dichos límites.

- Ranuradores AASHTO.

Se utilizará para controlar el ancho de la ranura de la muestra de suelo en la copa de Casagrande para el límite líquido.

- Ranuradores de plástico.

También se utilizará con el fin de controlar el ancho de la ranura de la muestra tomada de suelo en la copa Casagrande para el límite líquido.

- Placa de vidrio de 30 x 30 cm.

❖ Juego de tamices desde 2" hasta la malla N° 200.

Los juegos de tamices sirven para la determinación de la granulometría de suelos.

❖ Balanza hidrostática de 6000 gr.

Se utiliza para determinar los pesos específicos en las muestras de los suelos.

❖ Equipo completo de compactación:

Se utilizan para la determinación de la Máxima Densidad Seca y el Óptimo Contenido de Humedad.

- Molde de 6"

El Molde de Compactación Modificado se utiliza para llevar a cabo el ensayo ASTM de la Relación Humedad-Densidad de los Suelos.

- Pisón de 18 Pulg.

Que está diseñado para dejar caer un peso de 10 libras a una distancia de 18 pulgadas.

- Malla 3/4 y N° 4

❖ Equipo completo de CBR:

Sirve para la determinación de los parámetros de resistencia de suelos de 1 pulgada y 2 pulgadas, siendo el equipo completo los siguientes:

- Molde 6"

Servirá para colocar el material suelo para la compactación con el pisón.

- Disco espaciador.

- Pisón de 18 pullg.
- Marco de carga CBR.
- Papel filtro
- Trípode de aumento de volumen.
- Para sostener el molde.
- Dial de expansión.

c) Equipos de laboratorio para el diseño de Pavimentos.

Los equipos que se utilizaron en el laboratorio de pavimentos para obtener los resultados del proyecto, en este caso, imprimación, y tratamiento superficial (Monocapa y Slurry Seal), son los siguientes:

❖ **Equipo de centrífuga.**

Sirve para determinar la cantidad de asfalto en el proyecto, y siendo el equipo completo los siguientes:

- Pedestal
- Moldes de 4" para asfalto
- Equipo de Marco para ensayo Marshall
- Cabezal de rotura.

d) Lampas para excavación.

Se ha utilizado lampas para la excavación de las calicatas para la extracción de las muestras, los cuales serán transportados en sacos y/o bolsas al laboratorio. Lo mismo se realizará para la extracción de muestras de suelos en las dos canteras (Río Tonchima y cerro Yorongos).

e) Calculadora Científica Casio Class Pad 330

Se usó la calculadora Científica para el proceso de cálculo y de esta manera poder obtener los resultados de espesor de la capa base para el afirmado, además para los diferentes ensayos de laboratorio de mecánica de suelos, diseño de pavimento y los resultados de tráfico.

3.1.4 Otros Recursos

En la elaboración del presente trabajo de investigación se utilizaron los siguientes materiales y equipos de gabinete:

- a) Material Bibliográfico: Libros de especialidad referente al tema y contemplado en el Marco Teórico.
- b) Cámara fotográfica Canon
- c) Material de Escritorio: CD-R, CD-RW, USB, tinta para impresora, lapiceros, lápices, papel A-4, etc.
- d) Software de Cómputo: Microsoft Office (Word, Excel, y Power Point), Autocad 2013
- e) Internet: En la Red se encontró información actualizada.
- f) Hardware: Computadora Toshiba Intel Core i5
- g) Impresora: Canon Pixma 220 series
- h) Plotter: HP 100 series.

3.2 Metodología

En este ítem se comenzará a describir el proyecto, es decir, a realizar paso por paso el "Diseño Estructural del Pavimento Flexible, en el Mejoramiento del Camino Vecinal Rioja - Posic, Utilizando el Método Naasra, Tramo el Km. 00+000 al Km. 6+090, Distrito y Provincia de Rioja, Región San Martín", siendo sus principales instrumentos y herramientas la mecánica de suelos, el estudio de tráfico, el diseño del pavimento y la comparación del método de estudio con otros dos métodos (Método AASHTO y el Método del Instituto del Asfalto) que

este último se realizara para comprobar la optimización de los materiales en cada uno de ellos y poder afirmar que el método NAASRA es aplicable al proyecto.

El estudio de mecánica de suelos implica para las canteras en donde se va extraer el material para la base o afirmado y para las calicatas en todo el tramo del proyecto (Rioja – Posic).

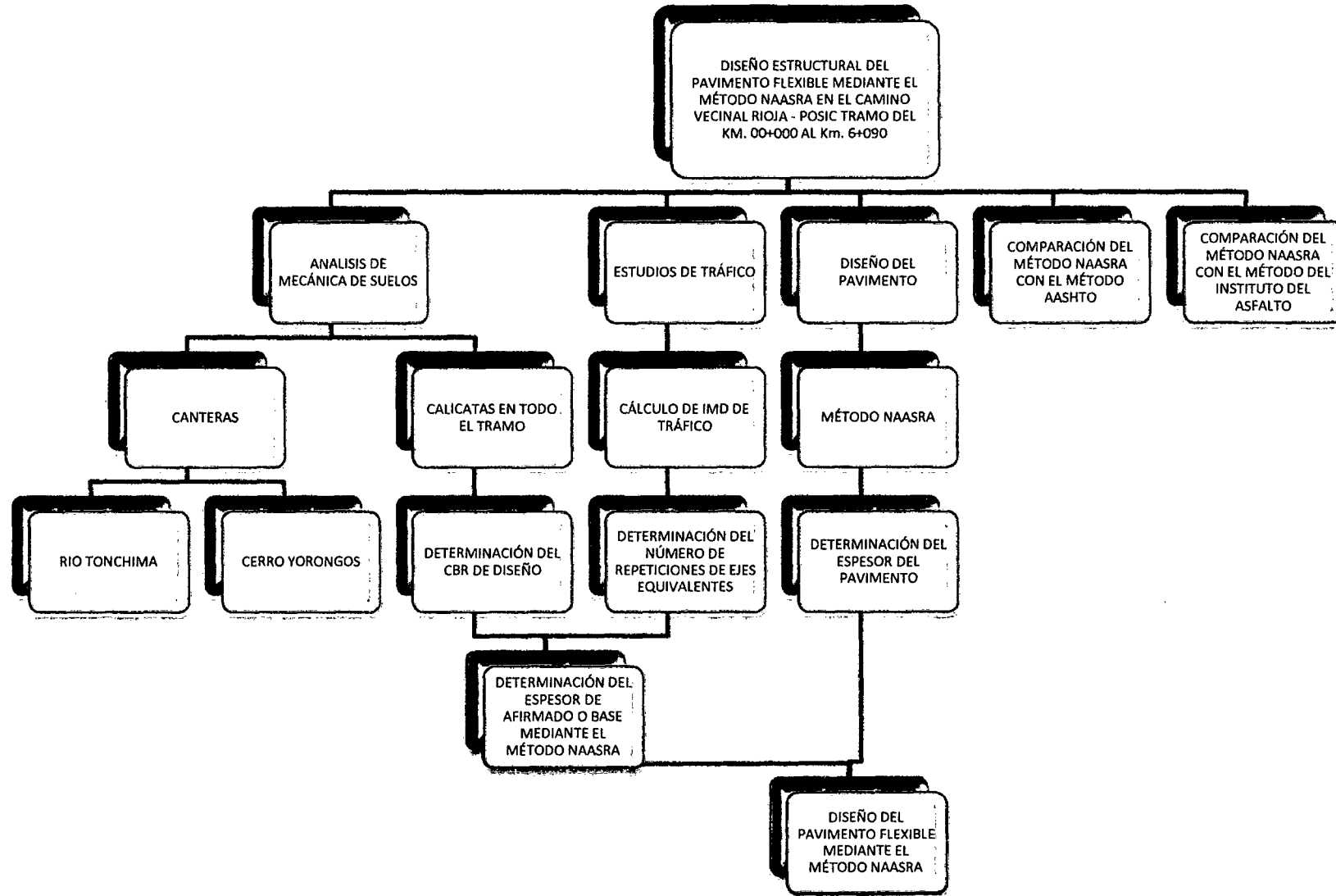
El estudio de tráfico servirá para calcular el índice Medio Diario (IMD), y por ende poder determinar el número de repeticiones de Ejes Equivalentes.

En el diseño del pavimento se determinará mediante el método NAASRA el espesor de la capa (rasante) que cubrirá la base o afirmado; en los ítems siguientes se mostrará el tipo de pavimento a usar según el diseño del proyecto.

Las comparaciones de los métodos mencionados líneas arriba serán de gran utilidad ya que nos confirmará cuál de los métodos será más rentable según la cantidad de material que se utilizará mediante datos de información del proyecto.

A continuación se muestra en la Figura N° 06, el esquema de Diseño del Método de Investigación.

Figura N°13: Esquema de Secuencia del Procedimiento para el Diseño del Método de Investigación.



3.2.1 Universo, Muestra, Población

3.2.1.1 Universo

El estudio realizado, basado en el manual *Manual de Diseño de Bajo Volumen de Tránsito del Ministerio de Transportes*, el cual nos delimita que nuestro universo, está conformado para el diseño estructural del pavimento flexible con el método NAARSRA.

3.2.1.2 Muestra

La muestra lo constituye el método en sí que utilizaremos en este proyecto, método NAASRA, pero para una mayor seguridad se aplicará los Métodos AASHTO y el Instituto del Asfalto que sólo se compararon para ver la diferencia y notar el beneficio del método del proyecto por ser un camino de bajo volumen de tránsito.

3.2.1.3 Población

La población tiene que ver con el tamaño del universo, y como este es la aplicación del Método NAASRA en el camino vecina Rioja – Posic, entonces la población será del método estudiado en el diseño del pavimento flexible para este tipo de camino de bajo volumen de tránsito.

3.2.2 Sistema de Variables

3.2.2.1 Variable Independiente

El Método de diseño NAASRA para pavimentos flexibles será el de mayor performance en el mejoramiento Del Camino Vecinal Rioja Posic, Provincia Rioja - San Martín, ya que su utilización se da en caminos de bajo volumen de tránsito.

3.2.2.2 Variable Dependiente

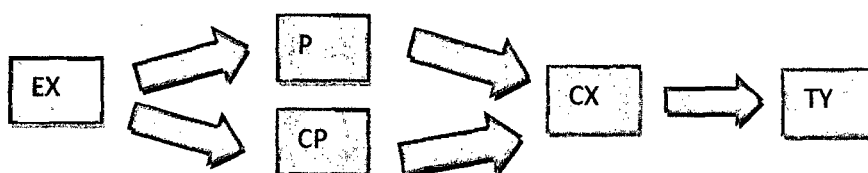
Mejoramiento de la operación del camino vecinal.

3.2.3 Diseño Experimental de la Investigación

En el proyecto se consideran las variables independiente y dependiente, la primera referido al método de diseño NAASRA que será utilizado para

poder obtener el espesor del pavimento en la superficie de rodadura y de esta manera mejorar la carretera RIOJA – POSIC, siendo este tramo el área de estudio para la presente Tesis.

Nuestra investigación adopta el siguiente diseño:



Leyenda:

EX= Elaboración del diseño estructural de pavimento flexible.

P = Propuesta para diseñar según el método NAASRA.

CP = comparación del Método NAASRA con el Método AASHTO y el método del Instituto del Asfalto.

CX = Teoría que da sustento a la justificación del método de diseño para realizar el mejoramiento de la superficie de rodadura en la carretera Rioja – Posic.

TY = La contribución de un mejor diseño del pavimento flexible.

3.2.4 Diseño de Instrumentos

3.2.4.1 Ámbito Geográfico

Se ubica en la Provincia de Rioja, localidad de Rioja-Posic, en la Región San Martín, la cual, el proyecto tendrá una comunicación muy fluida a través de la carretera Nacional Fernando Belaunde Terry km. 469.

3.2.4.2 Fuentes Técnicas e Instrumentos de Selección de Datos

Se contará con las siguientes fuentes e instrumentos de selección de datos:

- ✓ Asesoramiento Profesional especializado.
- ✓ Información de textos.
- ✓ Circuitos viales.
- ✓ Expediente técnico Mejoramiento del Camino Vecinal Sm-502, Tramo: Emp. Pe - 5n (Dv. Rioja) - Posic, Provincia de Rioja - San Martín.

3.2.4.3 De lo Relacionado a las Técnicas Estadísticas

Se plantea una investigación del tipo Descriptiva- Aplicativa

a) **Diseño Descriptivo - Aplicativo:**

Se efectúa cuando se desea describir, en todos sus componentes principales, una realidad.

No hay manipulación de variables, estas se observan y se describen tal como se presentan en su ambiente natural. Su metodología es fundamentalmente descriptiva, aunque puede valerse de algunos elementos cuantitativos y cualitativos.

Objetivo:

El objetivo de la investigación descriptiva consiste en llegar a conocer las situaciones, costumbres y actitudes predominantes a través de la descripción exacta de las actividades, objetos, procesos y personas. Su meta no se limita a la recolección de datos, sino a la predicción e identificación de las relaciones que existen entre dos o más variables. *Los investigadores no son meros tabuladores, sino que recogen los datos sobre la base de una hipótesis o teoría, exponen y resumen la información de manera cuidadosa y luego analizan minuciosamente los resultados, a fin de extraer generalizaciones significativas que contribuyan al conocimiento.*

Etapas:

1. Examinan las características del problema escogido.
2. Lo definen y formulan sus hipótesis.
3. Enuncian los supuestos en que se basan las hipótesis y los procesos adoptados.
4. Eligen los temas y las fuentes apropiados.
5. Seleccionan o elaboran técnicas para la recolección de datos.
6. Establecen, a fin de clasificar los datos, categorías precisas, que se adecuen al propósito del estudio y permitan poner de

manifiesto las semejanzas, diferencias y relaciones significativas.

7. Verifican la validez de las técnicas empleadas para la recolección de datos.
8. Realizan observaciones objetivas y exactas.
9. Describen, analizan e interpretan los datos obtenidos, en términos claros y precisos.

Recolección de datos:

En el informe de la investigación se señalan los datos obtenidos y la naturaleza exacta de la población de donde fueron extraídos. La población a veces llamada universo o agregado constituye siempre una totalidad. Las unidades que la integran pueden ser individuos, hechos o elementos de otra índole. Una vez identificada la población con la que se trabajará, entonces se decide si se recogerán datos de la población total o de una muestra representativa de ella. El método elegido dependerá de la naturaleza del problema y de la finalidad para la que se desee utilizar los datos.

Población total:

Muchas veces no es difícil obtener información acerca de todas las unidades que componen una población reducida, pero los resultados no pueden aplicarse a ningún otro grupo que no sea el estudiado.

Muestra de la población:

Cuando se trata de una población excesivamente amplia se recoge la información a partir de unas pocas unidades cuidadosamente seleccionadas, ya que si se aborda cada grupo, los datos perderían vigencia antes de concluir el estudio. Si los elementos de la muestra representan las características de la población, las generalizaciones basadas en los datos obtenidos pueden aplicarse a todo el grupo.

Expresión de datos:

Los datos descriptivos se expresan en términos cualitativos y cuantitativos. Se puede utilizar uno de ellos o ambos a la vez.

Cualitativos (mediante símbolos verbales): Se usan en estudios cuyo objetivo es examinar la naturaleza general de los fenómenos. Los estudios cualitativos proporcionan una gran cantidad de información valiosa, pero poseen un limitado grado de precisión, porque emplean términos cuyo significado varía para las diferentes personas, épocas y contextos. Los estudios cualitativos contribuyen a identificar los factores importantes que deben ser medidos. (Visión científicista).

Cuantitativos (por medio de símbolos matemáticos): Los símbolos numéricos que se utilizan para la exposición de los datos provienen de un cálculo o medición. Se pueden medir las diferentes unidades, elementos o categorías identificables.

b) Diseño Experimental

El **diseño experimental** es una técnica estadística que permite identificar y cuantificar las causas de un efecto dentro de un estudio experimental. En un diseño experimental se manipulan deliberadamente una o más variables, vinculadas a las causas, para medir el efecto que tienen en otra variable de interés. El diseño experimental prescribe una serie de pautas relativas qué variables hay que manipular, de qué manera, cuántas veces hay que repetir el experimento y en qué orden para poder establecer con un grado de confianza predefinido la necesidad de una presunta relación de causa-efecto.

El diseño experimental encuentra aplicaciones en la industria, la agricultura, la mercadotecnia, la medicina, la ecología, las ciencias de la conducta, etc. constituyendo una fase esencial en el desarrollo de un estudio experimental.

Es una prueba o un conjunto de pruebas durante el cual se realizan cambios sistemáticos y controlados a las variables de entrada para medir el efecto sobre la variable de salida óptima.

3.2.5 Procesamiento de Información

Se presentan los procedimientos a utilizar en el desarrollo de la presente investigación, empezando en primer lugar con el conteo de vehículos por día durante una semana y de esta manera poder obtener el IMD (Índice Medio Diario), la extracción de material para el afirmado desde las canteras y la excavación de las calicatas a un costado del camino vecinal Rioja – Posic, para la extracción y aplicación del material de cantera al proyecto se propuso principalmente con una sola cantera (cerro Yorongos) pero por ser un suelo con alta presencia de arcilla se propuso reducir la cantidad de liga mediante otra cantera (Río Tonchima), el cual se especificará las proporciones más adelante, y mediante esto comenzar a realizar las pruebas de imprimación, tratamiento superficial monocapa y Slurry Seal todo este procedimiento de diseño mediante el método NAASRA; se describirá cada uno de estos métodos.

3.2.5.1 Ensayos Preliminares

Antes de poder realizar el diseño del pavimento flexible mediante el Método NAASRA, se procedió a realizar un estudio de tráfico durante una semana, de esta manera poder sacar un promedio aritmético de los días que se han evaluado y tener un resultado general, la fecha que se ha hecho el estudio fue en Noviembre del 2011 de 07.00 hrs al 8.00 hrs y de 17.00 hrs a 18.00hrs, se tomó estas horas ya que son horarios donde ocurre mayor transitabilidad; antes de poder hacer el estudio, se visitó el tramo Rioja – Posic durante un día entero, pudiendo reconocer las horas punta donde se ocasionan mayores pases vehiculares.

Al hacer el estudio de tráfico del 2011 en la carretera Rioja – Posic, se prosiguió a proyectar el Índice Medio Diario Anual (IMDA) a 10 años, esto según a criterio que se tomó para el proyecto.

Una vez obtenida el resultado de tráfico se inició el estudio de la mecánica de suelos, iniciando de esta manera las excavaciones de calicatas a un costado de todo el tramo del camino vecinal Rioja – Posic a cada 250 metros y con una profundidad de 1.5 metros aproximadamente.

Se extrajo las muestras para hacer un estudio en el laboratorio de Mecánica de Suelos y de esta manera obtener los resultados y de acuerdo a esto poder conseguir la clasificación de los suelos que tiene el tramo del proyecto Rioja – Posic.

De la clasificación de los suelos se podrá extraer el CBR de diseño del proyecto, porque para hacer el diseño del pavimento flexible en primera instancia se tendrá en cuenta el valor soporte CBR y el Índice de tráfico.

Al terminar de diseñar con el método NAASRA, se ha procedido en diseñar con otros dos métodos para determinar el espesor del pavimento flexible; estos dos métodos son el método AASHTO y el método del Instituto del Asfalto, los cuales se han diseñado con los mismos resultados de campo (mecánica de suelos, estudios de tráfico, y otros conceptos que determinan el espesor de la base o afirmado y el espesor de pavimento flexible), la finalidad del diseño con los otros dos métodos es para comparar y analizar con el método NAASRA y ver las diferencias, los beneficios de cada uno y cuál de ellos sería el método más óptimo para el tipo de vía en donde se desarrolla el proyecto de tesis.

Hemos analizado cada uno de ellos, llegando a la conclusión de que el método NAASRA es el método óptimo en lo que respecta el tipo de vía, ya que está diseñado para caminos de bajo volumen de tránsito con un IMD menor a 400 vehículos por día.¹⁰⁸

3.2.5.2 Diseño del Pavimento Flexible

Para comenzar a hacer el diseño del pavimento flexible, primero se tendrá que ver qué tipo de camino según especifica el Diseño Geométrico de

¹⁰⁸ MTC- Perú, Manual para el Diseño de Carreteras Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito, pág. 125

Carreteras y de esta manera tener el periodo de diseño para el pavimento (15 años).

Con todos estos datos (análisis de tráfico, CBR de diseño, Periodo de Diseño y otros se realizará el cálculo de Ejes Equivalentes que será útil para introducir en la fórmula del diseño de pavimento según la ecuación del Método NAASRA.

Al calcular en la ecuación del método NAASRA, se obtendrá el espesor del afirmado base ($e = 300$ mm), previa limpieza y corte de la subrasante para eliminar el suelo orgánico e impurezas que sería perjudicial para el pavimento flexible.

Hemos diseñado en este proyecto un camino de bajo volumen de tránsito, ya que el IMDA es menor a 400 vehículos por día, catalogándose como un camino de tercera clase según el ministerio de transportes, y de esta manera justificado por el tránsito vehicular hemos optado por no hacer ningún tipo de pavimento estructural, reemplazando por tratamiento superficial, mono capa y Slurry Seal, el cual ya hemos hablado de sus especificaciones y cantidad necesaria para el tramo del proyecto Rioja – Posic.

Por fines de estudio se ha optado en hacer un diseño con dos métodos adicionales al NAASRA, asegurando de esta manera la eficiencia del método del proyecto.

Al calcular con el método AASHTO, se ha diseñado con los mismos datos de campo que hemos obtenido en el proyecto, con un espesor de carpeta asfáltica de 6 centímetros, con un espesor de base granular de 10 centímetros y con una capa de sub base granular de 32 centímetros.

Al calcular con el método del Instituto del Asfalto, se ha calculado un espesor de capa asfáltica de 100 milímetros y un espesor de base granular de 30 centímetros.

Analizando los tres métodos se ha llegado a la conclusión de que el método con mayor probabilidad para el diseño del proyecto es el método

inicial, (NAASRA), ya que el diseño es más óptimo para caminos de bajo volumen de tránsito.

- La comparación entre estos dos métodos con el método del proyecto (NAASRA), son sólo con la finalidad de estudio, y poder confirmar que el método del proyecto viene a ser el más factible para este tipo de caminos (de bajo volumen de tránsito).
- A continuación se demostrará todo lo mencionado líneas arriba para la obtención del diseño del pavimento flexible mediante el método NAASRA.

3.2.5.3 Descripción del Estudio de los Resultados para la Obtención del Espesor en el Diseño del Pavimento Flexible.

3.2.5.3.1 Resultados del Estudio de Tráfico.

El estudio de tráfico tiene por objetivo directo determinar el Índice Medio Diario (IMD) que circula por la vía y el número de Ejes de Carga Equivalentes (EAL) que soportará la vía dentro de su periodo de vida.

En el caso del IMD de la vía, su determinación permite clasificar el camino, para el diseño geométrico del mismo, así como conocer cuál será el costo por kilómetro para la ejecución del proyecto, que justifica la rentabilidad económica del proyecto, por su parte la obtención del EAL permite el diseño del pavimento.

El estudio de tráfico vehicular tiene por objeto, cuantificar, clasificar y conocer el volumen de los vehículos que se movilizan por la carretera Rioja – Posic, la cual forma parte de la red vial del camino vecinal SM-502.

Para el presente informe se realizó el seccionamiento de un único tramo debido al flujo vehicular de la carretera, elemento que determinará las características de diseño del pavimento en la vía en estudio, así como para la evaluación económica de la misma.

En la tabla N° 44 se muestra el porcentaje de crecimiento por grupos de vehículos, es decir que van aumentando según la cantidad que existe en el área de estudio, para un mayor entendimiento se citará al cuadro N° 06 del Capítulo 4, que muestra las cantidades de vehículos al año 2011, que tienen crecimientos para cada uno de los especificados (Autos, Camionetas, Ómnibus y Camiones Pesados), y que para el año indicado aumenta según el porcentaje de la siguiente tabla.

Tabla N° 44: Tasa de Crecimiento según Censo Vehicular.

AUTOS Y CAMIONETAS (Vehículos ligeros)	OMNIBUS	CAMIONES PESADOS
4.3 %	3.6 %	3.6 %

Fuente: Censo Vehicular (2009 - 2010), Elaborado: Jefatura de Proyecto de Estudio.

Calculo de Ejes Equivalentes de 8.2 ton (EAL)

El período de diseño para el pavimento ha sido establecido para 15 años, tal como especifica el Diseño Geométrico de Carreteras.

Tabla N°45: Periodos De Diseño Según Tipo De Carretera.

Tipo de Carretera	Período de Diseño
Autopista Regional	20 – 40 años
Troncales suburbanas	15 – 30 años
Troncales Rurales	
Colectoras Suburbanas	10 – 20 años
Colectoras Rurales	

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales, SIECA 2001

La relación matemática utilizada para la proyección del tráfico a partir del año en servicio será la recomendada por las guías de diseño (AASHTO e Instituto del Asfalto).

$$\frac{(1 + r)^n - 1}{r} \dots\dots\dots (27)$$

Donde:

- r : Tasa de Crecimiento
- n : Año para el cual se calcula el volumen de tráfico.

Teniendo los datos de índice Medio Diario (IMD) se calculará el número Total Acumulado de Ejes Equivalentes a 18 kips (EAL8.2 Tn), durante el período de diseño.

Se calcula utilizando la siguiente formula:

A. Nrep de $EE_{8.2 \text{ tn}} = \sum [EE_{\text{dia-carril}} \times Fca \times 365] \dots$ ecuación EE

$$EE_{\text{dia-carril}} = IMD_{pi} \times Fd \times Fc \times Fvp_i \times Fp_i \dots (28)$$

1. $EE_{\text{dia-carril}}$: Ejes equivalentes por cada tipo de vehículo pesado por día, para el carril de diseño. Resulta del IMD por cada tipo de vehículo pesado, por el factor Direccional, por el factor carril de diseño, por el Factor Vehículo Pesado del tipo seleccionado y por el Factor de Presión de neumáticos.
2. IMD_{pi} : índice medio diario según tipo de vehículo pesado seleccionado.
3. Fd : Factor direccional, según según Tabla N° 10
 Número de calzadas: 1 calzada.
 Número de sentidos: 2 sentidos.
 Número de carriles por sentido: 1
 Dando como resultado Fd : 0.50, según cuadro.
4. Fc : factor carril de diseño, según Tabla N° 10
 Número de calzadas: 1 calzada.
 Número de sentidos: 2 sentidos.
 Número de carriles por sentido: 1
 Dando como resultado Fc : 1.00, según cuadro.
5. Fvp_i : Factor vehículo pesado del tipo seleccionado, según Tabla N° 12.
6. Fp_i : Factor de presión de neumáticos. Según Tabla N°13

B. Fca : Factor de crecimiento acumulado por tipo de vehículo Pesado.
 Según Tabla N°11

$$\text{Factor Fca: } [(1 + r)^n - 1] / r \dots\dots\dots (29)$$

Donde: r = Tasa anual de crecimiento.
n = Periodo de diseño.

C. 365: Número de días del año.

Desarrollando la ecuación "EE":

$$\text{Nrep de EE}_{8.2 \text{ tn}} = \sum [EE_{\text{día-carril}} \times Fca \times 365] \dots\dots\dots (30)$$

Reemplazando el valor de $EE_{\text{día-carril}}$ en EE:

$$\text{Nrep de EE}_{8.2 \text{ tn}} = \sum \text{IMD}_{pi} \times Fd \times Fc \times Fv_{pi} \times F_{pi} \times Fca \times 365$$

Reemplazando $Fd = 0.50$ y $Fc = 1.00$ se tiene:

$$\text{Nrep de EE}_{8.2 \text{ tn}} = \sum \text{IMD}_{pi} \times 0.5 \times 1.00 \times Fv_{pi} \times F_{pi} \times Fca \times 365 \dots\dots\dots (31)$$

$$\text{Nrep de EE}_{8.2 \text{ tn}} = 182.5 \sum \text{IMD}_{pi} \times Fv_{pi} \times F_{pi} \times Fca$$

$$\text{Ecuación EE simplificada} \dots\dots\dots (32)$$

En los cálculos efectuados no se ha considerado el número de combis y microbuses, ya que la influencia es mínima en la performance de la vía, así mismo se ha agrupado a los tractores, cosechadores en camiones tipo C-3 (Camiones de 3 ejes) y de esta manera tenemos los siguientes cuadros para el cálculo de Factores de Equivalencia por Eje y Factor Vehículo. El desarrollo de la ecuación se efectuará en el Capítulo IV: Resultados, El **Nrep de $EE_{8.2 \text{ tn}}$** es igual a: $329120.2569 (10^5 \times 3.291202569)$.

Al tener los factores y otros datos que nos servirá para calcular el Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes este se desarrollará en el cuadro N° 10 del capítulo IV - Resultados, describiendo de esta manera en la siguiente numeración y esto se verá de acuerdo al cuadro mencionado:

1. T. crecimiento Anual de vehículos de pasajeros (rvp) = Tasa de crecimiento anual = 4.3%, censo vehicular 2009, elaborado por la jefatura de Proyecto de Estudio de Rioja la cual forma parte de la red vial del camino vecinal SM-502.
2. Referencia: Manual Centroamericano Cap. 3, Pág. 9, Tabla 3-4 para una carga/eje simple (kips)=2, SN=4, Pt=2,5; el Fvp=0.0002. Pt representa la Pérdida de Serviciabilidad Final.
3. Tasa de crecimiento Anual de vehículos de carga (rvc) = Tasa de Crecimiento Anual del P.B.I Del Departamento de San Martin (rpbi) = 3.60% / Informe Técnico N° 01- Agosto 2010 – I.N.E.I
4. $(P1/6.6)^4 + (P2/8.2)^4 = 1.265 + 3.2338 = 4.503$
5. $(P3/6.6)^4 + (P4/15.1)^4 = 1.273 + 2.019 = 3.284$
6. Cuadro 6.2: factores de crecimiento acumulado (Fca), $F_c = [(1+r)^n - 1] / r$; para $r=4.3\%$ y $n=15$ se tiene $F_c= 20.48$. (Manual de Carreteras aprobado con Resolución Directoral N° 05-2013-MTC/14, pág.77)
7. Cuadro 6.2: factores de crecimiento acumulado (Fca), $F_c = [(1+r)^n - 1] / r$; para $r= 3.60\%$ y $n=15$ se tiene $F_c= 19.44$ (Manual de Carreteras aprobado con Resolución Directoral N° 05-2013-MTC/14, pág.77)
8. Se tomó como muestra la llanta tipo T839, que posee una presión normal de 120 psi, ubicando este valor en el cuadro 6.13 del Manual de Carreteras aprobado con Resolución Directoral N° 05-2013-MTC/14, pág. 85, para un espesor de capa de rodadura = 50 mm, y presión normal = 120 psi, se tiene $PCN = 0.90 \times 120 = 108$, con lo que se obtiene: $F_p= 2.31$.
9. Coeficiente 182.5, viene de la ecuación EE simplificada, donde se incorpora el F_d y F_c .

3.2.5.3.2 Resultados del Estudio de Suelos

3.2.5.3.2.1 Resultados de Canteras

- ✓ Como propuesta original para la base o afirmado del Expediente técnico Mejoramiento Del Camino Vecinal Sm-502, Tramo: Emp. Pe - 5n (Dv. Rioja) - Posic, Provincia De Rioja - San Martín, el material de cantera a ser utilizada fue del cerro Yorongos, ubicada a 12. 2 km del proyecto, pero al proceder con el imprimado no cumplía con la penetración mínima requerida que es de 3 a 5 mm, según expediente técnico, sólo cumplía con 1mm de penetración en el afirmado, ya que la cantera presenta exceso de material fino (limo- arcilloso), los ensayos respectivos de la mecánica de suelos de la cantera del cerro Yorongos se demuestran en el Capítulo 8 (anexo 8.1.1)¹⁰⁹
- ✓ Para poder contrarrestar el exceso de material fino de la cantera Yorongos se optó por utilizar y mezclar el material con la cantera del río Tonchima (Nueva Tabalosos) con proporciones de 60% de la cantera del río Tonchima y 40% de la cantera del cerro Yorongos, pero esta proporción tampoco cumplía con lo establecido para material afirmado ya que aún se presenciaban exceso de material fino (arcilla y limo) y de esta manera la imprimación en la base tampoco penetraría según lo establecido (3 a 5 mm), los ensayos respectivos de la mecánica de suelos de la cantera del cerro Yorongos con el río Tonchima según la proporción establecida se demuestran en el en el Capítulo 8 (anexo 8.1.2)¹¹⁰.
- ✓ Para el diseño final del proyecto se optó en mezclar las mismas canteras pero con proporción diferente al anterior y la mezcla adecuada fue de 80% de material de la cantera del río Tonchima, y 20% de la cantera del cerro Yorongos, teniendo como resultado un gravillado de graduación tipo C (pasante de la malla 8 hasta la malla 1/2"), de esta manera la imprimación penetraba 5 mm y estaba apto para usar en todo el tramo, los ensayos respectivos de la mecánica de suelos de la

¹⁰⁹ Anexos, Resultado de la Mecánica de Suelos Utilizado en el proyecto, 8.1.1

¹¹⁰ Anexos Resultado de la Mecánica de Suelos Utilizado en el proyecto, 8.1.2

cantera del cerro Yorongos con el río Tonchima según la proporción establecida se demuestran en el en el Capítulo 8 (anexo 8.1.3), para luego proceder a aplicar la monocapa y por consiguiente el tratamiento superficial SLURRY SEAL.¹¹¹

Los resultados del estudio de las canteras se presentarán en el capítulo IV, cuadro 11.

3.2.5.3.2.2 Resultados de Calicatas

En todo caso, se tratan de suelos desfavorables compuestos por finos de mediano a elevado límite líquido y de regular a elevado índice plástico. Estos suelos se ubican a todo lo largo del camino en estudio, entre 0.00 y 1.50 m de profundidad que corresponde a arcillas y limos, con bajo contenido de arena y baja presencia de gravillas, el cual se optará por un mejoramiento general para poder estabilizar el área a construir del camino. En todos los casos el comportamiento de estos suelos como subrasante es de regular.

De lo señalado se puede concluir que los suelos que componen el presente tramo son predominantemente finos con variado contenido de arenas. Los índices plásticos son en su mayoría menores a 30 y variables entre 0.00 (Nº 02) y 27.50 (Nº 03). Los límites líquidos son menores a 65 %.

Consistirá en el mejoramiento de la subrasante con material de cantera para todo el tramo, ya que el ancho de vía anterior (5.50 metros) era menor que el diseño propuesto (7.20 metros) y por eso al ampliar el ancho del camino se presenció material orgánico que dañaría la estructura del pavimento.

En algunos tramos de la carretera se presenciaron excesivas cantidades de material orgánico y filtración de agua, es por ello se propuso utilizar encima de la subrasante geomalla en las progresivas siguientes: km 4+020 hasta 4+810 y de la progresiva 4+880 hasta

¹¹¹ Anexos Resultado de la Mecánica de Suelos Utilizado en el proyecto, 8.1.3

5+136¹¹², con la finalidad de poder estabilizar el suelo; el objetivo de la geomalla es de poder transmitir las cargas puntuales exteriores y llegar a la subrasante en forma homogénea.

Con el EAL8.2 TON = $10^5 \times 3.291202569$ repeticiones se ha clasificado al tráfico como clase T1 ($3.2 \times 10^4 - 7.9 \times 10^5$), así mismo se ha determinado la sub rasante de los diferentes tramos de la vía como de tipo S2 (Sub rasante regular) con valores de CBR comprendidos entre 06% a 10%, según se mostrará a continuación en el CBR de diseño del proyecto, parámetro con el cual valiéndonos del Catálogo de Espesor Estructura de No Pavimentadas es S2 del **Manual para el Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito**¹¹³; se ha establecido el espesor de la subrasante en 300mm o 30 cm como máximo, según criterio propio.

Los resultados del estudio de las calicatas presentarán en cuadro N° 14, especificando los tipos de suelos presentados en el área del proyecto.

3.2.5.3.2.3 Determinación del CBR de Diseño

Para tal efecto, se ha empleado la metodología recomendada por el MTC para diseño de Caminos de Bajo Volumen de Tránsito, habiéndose identificado y agrupado tramos homogéneos con longitudes mínimas de 1.50Kms, determinando su CBR de diseño de cada tramo de manera siguiente:

- Si el sector homogéneo presenta un Número de Repeticiones de EE 8.2Tn, menor de 1×10^5 : el CBR de diseño será aquel que represente el percentil 60% de los valores de CBR.
- El MTC – Perú¹¹⁴ afirma que si en el sector homogéneo presenta un Número de Repeticiones de EE 8.2Tn, entre de 1×10^5 y 1×10^6 : el

¹¹² Anexos, Planos 8.5

¹¹³ Ministerio de Transporte y Comunicaciones del Perú, Manual de Diseño de Caminos No Pavimentados de Bajo volumen de Tránsito N° 303-2008-MTC/02, Pág. 108

¹¹⁴ Ministerio de Transporte y Comunicaciones del Perú, Manual de Diseño de Caminos No Pavimentados de Bajo volumen de Tránsito N° 303-2008-MTC/02, Pág. 101

CBR de diseño será aquel que represente al percentil 75% de los valores de CBR.

Tabla N° 46: Límites para la selección de resistencia (Percentiles)

Límites para selección de resistencia	
Número de ejes de 8.2 toneladas en el carril de diseño (N)	Percentil a seleccionar para hallar la resistencia
< 10^4	60
10^4 - 10^6	75
>10^6	87.5

Fuente: Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos.

Así mismo para la determinación del valor representativo se ha utilizado un procedimiento estadístico (percentiles) basado en los criterios recomendados por el Instituto del Asfalto Americano para el cálculo del CBR de diseño.

Cuadro N° 02: Ecuación para la obtención del CBR de diseño mediante el Procedimiento estadístico (percentiles)

CBR	% De Valores Iguales o Mayores
6.00	83.30
X	75
7.85	66.70

Fuente: elaboración propia

$$X - 6 / 7.85 - 6 = 75 - 83.30 / 66.70 - 83.30$$

Resolviendo la ecuación obtenemos X = 6.93..... (33)

En el cuadro N° 13 se muestran los valores del CBR obtenidos de las calicatas del proyecto, el cual indican un rango de porcentajes con respecto al valor soporte del suelo, para luego proseguir en el cuadro N° 14; en la primera columna se muestran los valores del CBR ordenados de menor a mayor, en la segunda columna se muestran los números según cantidad de datos de la primera columna, en este caso son 6 valores, entonces se utilizará 6 números de mayor a menor (6-1); en la tercera columna se divide a cada número (desde el

6 hasta el 1) entre el número total de valores (6), obteniendo de esta manera valores representativos a los percentiles estadísticos para luego realizar en el cuadro N°02 la interpolación respectiva de acuerdo a lo que indica el Número de ejes de 8.2 toneladas en el carril de diseño (N), en el Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, en la tabla N° 46.

3.2.5.3.3 Diseño del Pavimento

3.2.5.3.3.1 Diseño del Pavimento

Para el dimensionamiento de los espesores de la capa de grava o afirmado, se desarrolló el método de NAASRA.

3.2.5.3.3.2 Método NAASRA

Basada en la ecuación empírica que relaciona el valor soporte del suelo (CBR) y la carga actuante sobre el afirmado expresado en Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes:

$$e = \left[219 - 211 * (\log_{10} CBR) + 58 * (\log_{10} CBR)^2 \right] * \log_{10} * (N_{rep} / 120) \dots\dots(34)$$

Donde:

e = espesor de la capa de afirmado en mm.

CBR = valor del CBR de la subrasante.

Nrep = número de repeticiones de EE para el carril de diseño.

Para el caso del proyecto el número de Repeticiones de EE se encuentra mayor de 1×10^5 , para un diseño de 15 años, exactamente $N_{rep} = 329120.2569$ ($10^5 \times 3.291202569$), y el CBR de diseño será aquel que represente el percentil 75% de los valores de CBR, obteniéndose para este valor un CBR de diseño de 6.93 % (al 95% de la Máxima Densidad Seca).

Luego de haber obtenido el valor del CBR de diseño según la figura N°11, aplicaremos la fórmula para determinar el espesor de la capa de revestimiento granular del método NAASRA, que relaciona el valor

soporte del suelo (CBR) y la carga actuante sobre el afirmado expresado en Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes.

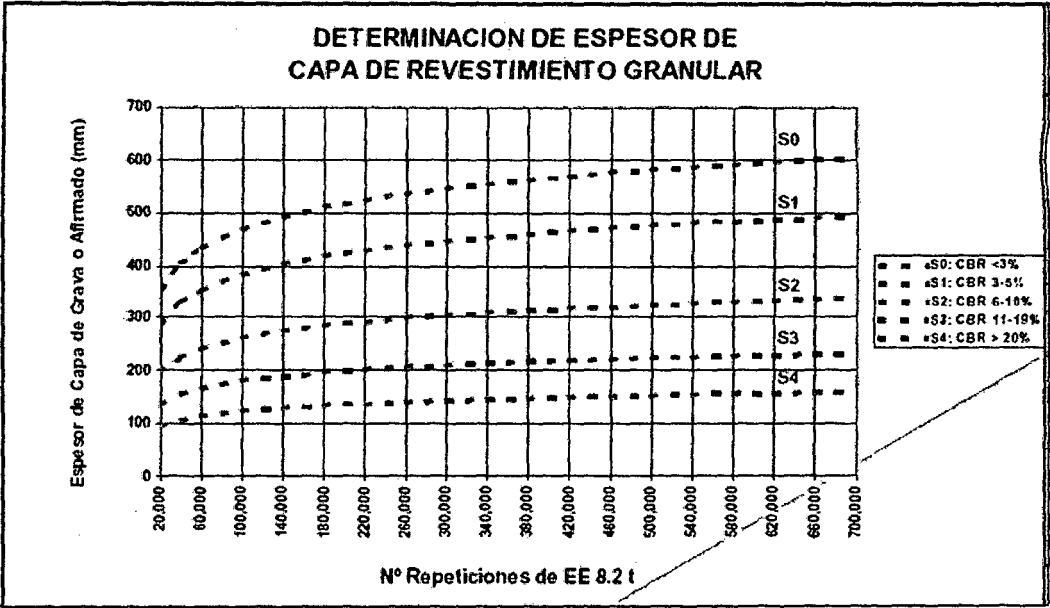


Figura N° 14: Determinación de Espesor de capa Granular base, mediante el método NAASRA

Fuente: Elaboración en base a la ecuación de diseño del método NAASRA

$$e = \left[219 - 211 * (\log_{10} CBR) + 58 * (\log_{10} CBR)^2 \right] * \log_{10} * (Nrep / 120) \dots\dots (35)$$

Desarrollando y reemplazando la ecuación tenemos lo siguiente:

$$\begin{aligned}
 e &= [219 - 211 * (\log_{10} (6.93)) + 58 * (\log_{10} (6.93))^2] * \log_{10} * (329120.2569 / 120) \\
 e &= (219 - 211 * 0.840733 + 58 * 0.706832) * \log_{10} (2742.668808) \\
 e &= (219 - 177.394663 + 40.996256) * 3.438173367 \\
 e &= 82.6016 * 3.438173367 \\
 e &= 284.00 \approx 300 \dots\dots\dots (36)
 \end{aligned}$$

En conclusión, al desarrollar la ecuación del método NAASRA, se ha determinado el espesor de la capa de revestimiento granular o afirmado con 300 mm o 30 cm de espesor.

3.2.5.3.4 Determinación del Espesor del Pavimento

El diseño de pavimento será de tipo tratamiento superficial (SLURRY SEAL) que es un método de aplicación de un sello delgado y monolítico en este caso a la base o afirmado de material granular con una mezcla de agregados finos con granulometría densa, agua, emulsión asfáltica y aditivos. Normalmente se establece un espesor no más que 1.5 veces el tamaño superior del agregado (3-10mm)¹¹⁵. Los aditivos incluyen el cemento, la cal, o sulfato de aluminio, pero estos no son componentes esenciales en el proyecto.

Pero antes de poder aplicar el tratamiento superficial SLURRY SEAL, se tendrá que hacer uso del riego de imprimación con emulsión asfáltica Catiónica de Rotura Lenta (Cationic Slow Setting) Tipo CSS-1H, se optó este tipo de emulsión ya que se mezcla con agua para el imprimante, siendo este tipo una emulsión que no perjudica el medio ambiente, y el cual tiene como proporción de 1 litro de emulsión por 5 litros de agua y una tasa de riego de liga de 1.6 litros por metro cuadrado¹¹⁶; este será utilizado para proporcionar una membrana de asfalto resistente al agua para sellar las bases de la carretera del proyecto y así evitar la penetración de agua o la pérdida de agua por la evaporación de la superficie; además el riego de imprimación mantiene el equilibrio de la humedad y por lo tanto la fortaleza de la capa de construcción y reduce la pérdida de los finos de la superficie por el viento o lluvias abundantes y para controlar el polvo y de esta manera proporcionar una buena superficie. La penetración que el imprimante resultó en el afirmado final fue de 5 mm en un rango de 24 horas.

Luego se inició la aplicación de la monocapa, que consiste en la aplicación de emulsión asfáltica Catiónica de Rotura Lenta (Cationic Slow Setting)¹¹⁷ Tipo CSS-1H e instantáneamente la colocación de gravillado de ½" como máximo, para luego ser compactado con rodillo liso para una mejor adherencia a la superficie.

¹¹⁵ AKZO NOVEL, Productos y Aplicaciones, pág. 12

¹¹⁶ AKZO NOVEL, Productos y Aplicaciones, pág.06

¹¹⁷ AKZO NOVEL, Emulsiones asfálticas convencionales y modificados con polímeros, pág.08

Al finalizar la aplicación y secado de la monocapa, se procedió a la colocación del tratamiento superficial SLURRY SEAL, se calculó el espesor según la referencia hecha de las especificaciones bibliográficas, el cual el espesor del tratamiento superficial será 1.5 veces el tamaño superior del agregado, siendo el tamaño máximo de la piedra chancada 3/8" en el proyecto, entonces convertimos las pulgadas en milímetros, dando como resultado lo siguiente:

$3/8" = 0.375"$ que en centímetros equivale a: 0.9525cm, convirtiendo en milímetros $9.525 \text{ mm} \approx 10.00 \text{ mm}$ multiplicado por 1.5 da como resultado:

15mm de espesor de Tratamiento Superficial SLURRY SEAL cuyos componentes son los siguientes: arena de piedra chancada tam. Máx 3/8" + emulsión asfáltica tipo CSS- 1h + cemento tipo 1 (filler) + agua.

Siendo las proporciones adecuadas para el tratamiento superficial lo siguiente:

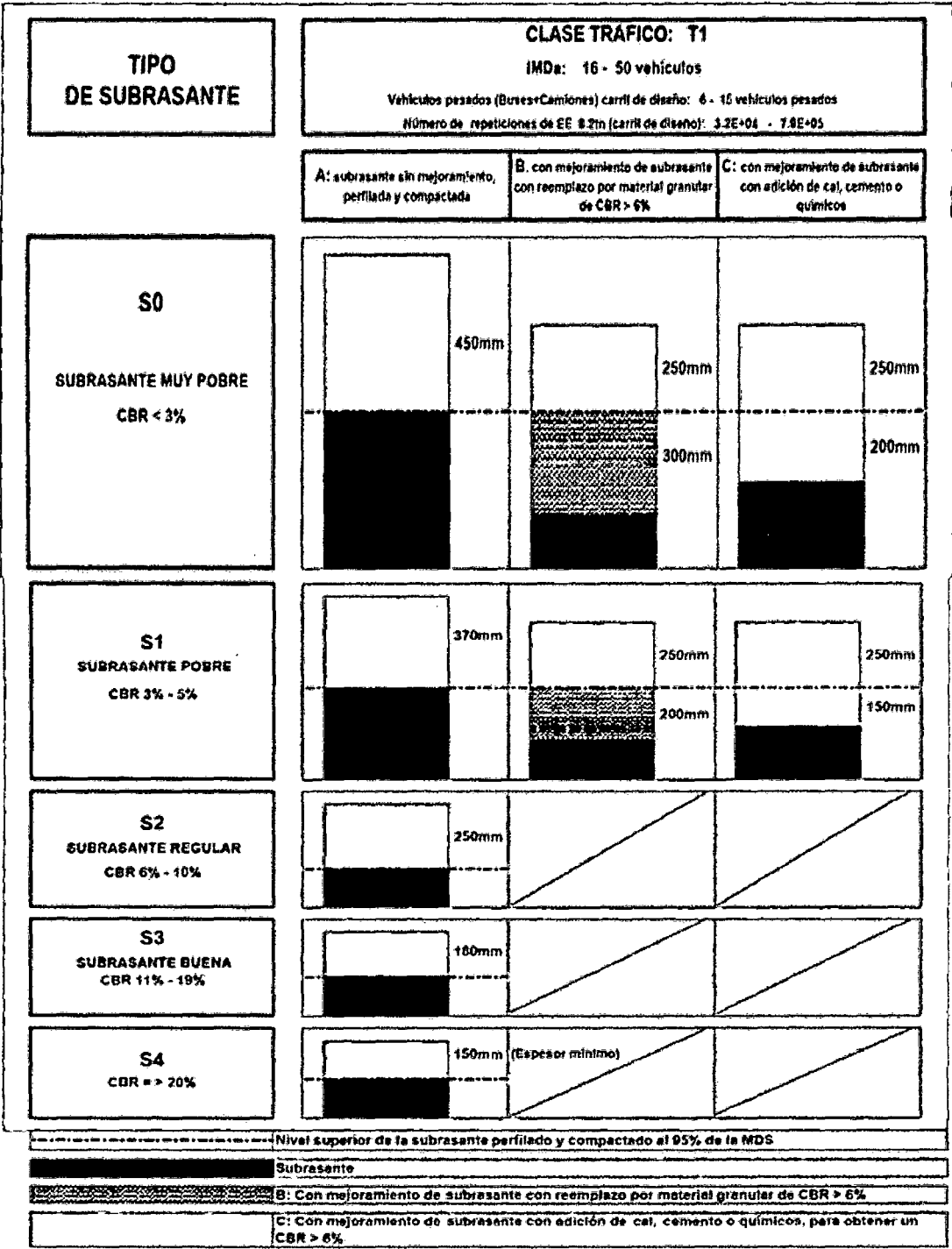
- ❖ Cantidad optima de emulsión asfáltica CSS-1h (Rango de tasa de aplicación: 13.8% a 15.4% aplicación): 14.6%.
- ❖ Cantidad de agua (agua añadida): 9.5%.
- ❖ Cantidad de filler (Cemento): 0.5%.
- ❖ Arena de piedra chancada: 75.4%.

Las condiciones de diseño y evaluación de material fueron realizadas en condiciones de laboratorio. Se debe tomar en cuenta, que durante la aplicación en campo se puede requerir algunos ajustes al diseño.¹¹⁸

Se presenta un resumen del procedimiento de la aplicación del método NAASRA, desde la subrasante hasta la aplicación del pavimento flexible, esto se muestra en el cuadro N°15.

¹¹⁸ TDM ASFALTOS, informe de ensayo para tratamiento superficial, Anexos 8.2.

Figura N° 12: Capas de Revestimiento Granular para Tráfico T1



Fuente: Manual para el Diseño de Carreteras Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito.

Cuadro N°03: Características Técnicas del Camino Vecinal Mejorado

Longitud	6,090.00 Km
Clasificación por su IMDA	T3 (0 – 350 Veh)
Clasificación por su Función	Camino Vecinal
Clasificación por el Tipo de Relieve	Carretera en Terreno Llano
Clasificación por el Tipo de Demanda	Carretera de tercera clase
Clasificación por el Tipo de Obra por Ejecutarse	Mejoramiento, con la transformación de un pobre o inexistente afirmado, en un camino totalmente afirmado reforzado con mortero asfáltico o tratamiento superficial (slurry seal). El efecto esperado es mejorar el nivel operativo del camino haciéndolo transitable todo el año.
Velocidad Directriz	30 Km/h
Radio Mínimo	20 m
Ancho de Plataforma	7.20 m
Bombeo	2.50%
Cunetas Triangulares	Revestido con concreto simple $f'c=175$ Kg/cm ² .

Fuente: Elaboración Propia.

3.2.5.3.5 Comparación entre el Método NAASRA y el Método AASHTO

En este ítem haremos una breve comparación entre el método AASHTO 93, que es el método convencional y el más utilizado en el Perú, con el método NAASRA y de esta manera poder analizar cuál de estos dos métodos sería más rentable para utilizar en las carreteras o caminos de bajo volumen de tránsito.

Para esto, utilizaremos un programa para calcular los espesores de las capas, tanto base, sub base y carpeta asfáltica, tal como especifica el método convencional AASHTO 93.

Se utilizará una hoja de cálculo elaborado por el Ingeniero Civil Pablo Del Águila Rodríguez¹¹⁹, el cual se trabajará con el módulo de resiliencia

¹¹⁹ Ingeniero Civil, Consultor en Tecnologías de Pavimentación. Presidente de la Asociación Peruana de Ingeniería de Pavimentos-ASPAPERU. Email: pdelaguila@camineros.com

del CBR, tanto de la sub rasante, la base o afirmado y carpeta asfáltica; también se utilizará datos de tráfico, como el número de ejes equivalentes, el factor de confiabilidad, entre otros factores establecidos para el diseño del pavimento flexible.

En el siguiente cuadro tenemos valores de módulos de resiliencia ya establecidos según el tipo de suelo y el porcentaje de CBR.

El Instituto del Asfalto mediante ensayos de laboratorio realizados en 1982, obtuvo las relaciones siguientes:¹²⁰

Tabla N° 47: Módulos de Resiliencia según el tipo de suelo

Tipo de Suelo	% CBR	M_R en (psi)
Arena	31	46500
Limo	20	30000
Arena magra	25	37500
Limo - arcilla	25	37500
Arcilla limosa	8	11400
Arcilla pesada	5	7800

Fuente: Manual para el Diseño de Carreteras Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito.

Al tener este cuadro establecido podemos calcular nuestros módulos de resiliencia de la sub rasante y la base o afirmado:

% CBR Sub Rasante: 6.93%, iterando valores, según el cuadro, se obtiene un módulo de resiliencia de 10116 PSI.

Para la base, con un CBR de 57.2%, según cuadro, se obtiene un módulo de resiliencia de 85800 PSI.

El módulo de resiliencia de la sub base, se calculará según al CBR de diseño mínimo que establece la norma AASHTO T193¹²¹, que tiene como CBR mínimo 40%; ya que en el proyecto no se cuenta con capa de Sub Base, pero para el cálculo estructural del pavimento flexible según el método AASHTO 93 es indispensable.

¹²⁰ <http://www.ingenierocivilinfo.com/2011/09/modulo-de-resiliencia-pavimentos-de.html>

¹²¹ Guía AASHTO 93, Capítulo 3: Sub Bases y Bases.

Con respecto a la carpeta asfáltica, el módulo de resiliencia establecido, según norma es de 400,000 PSI¹²².

De esta manera con estos datos más los datos ya encontrados anteriormente se puede hacer uso de la hoja de cálculo para el diseño del pavimento que será visto en el Anexo N° 02, *Diseño Estructural de Pavimento Flexible* mediante el Método AASHTO 93, y la comparación de estos dos métodos se visualizará en el cuadro N° 16.

3.2.5.3.6 Comparación entre el Método NAASRA y el Método del Instituto del Asfalto

En este procedimiento de diseño, la estructura de un pavimento es considerada como un sistema elástico de capas múltiples. El material en cada una de las capas se caracteriza por su módulo de elasticidad.

Este procedimiento es usado para el diseño de pavimentos de asfalto compuesto de combinaciones de capa asfáltica, base y sub-base sin ningún tratamiento.

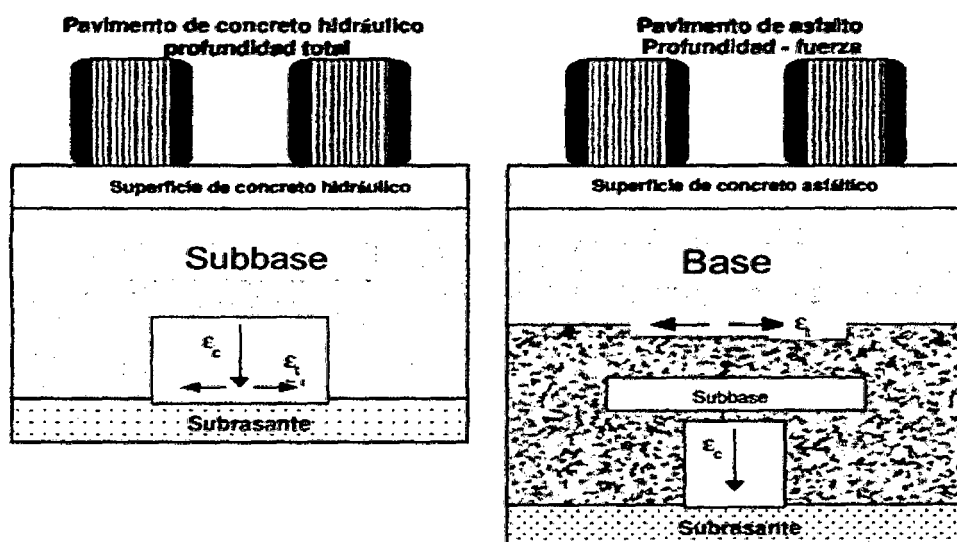
En la metodología adoptada por este método, las cargas sobre la superficie del pavimento producen dos esfuerzos de tensión que son críticos para propósitos de diseño conforme a la figura N° 04; estos son: a) el esfuerzo de tensión horizontal ϵ_t sobre el lado debajo en el límite de la capa asfáltica; y 2) el esfuerzo de compresión vertical ϵ_c en la superficie de la subrasante.¹²³

Todos los materiales se caracterizan por el módulo de Elasticidad (E_a), (también llamado Módulo Dinámico (M_d), si las mezclas son de asfalto o Módulo de Resiliencia (M_r) si son materiales granulares o suelos sin tratar) del cual valores específicos son seleccionados basados en la experiencia y estudios con datos de pruebas verdaderas.

¹²² Instituto Mexicano del Transporte; Pavimentos Flexibles: Problemática, Metodologías de Diseño y Tendencias; pág. 84

¹²³ Nomenclatura según instituto de Asfalto (MS-1), 1991

localización de tensiones consideradas en el procedimiento de diseño



Fuente: Instituto del Asfalto, MS-1, 1,991

Para la comparación del Método del Instituto del Asfalto con el Método NAASRA del proyecto, se tomarán los siguientes datos:

- ❖ CBR de la Subrasante.
- ❖ Número de repeticiones de EE para el carril de diseño.
- ❖ Capa de base granular, se tomará según lo calculado en el método NAASRA (30 cm.)
- ❖ Temperatura media anual del aire (TMAA).

Para el CBR de la Subrasante se tomó según dato de laboratorio, es decir CBR de diseño de 6.93 %

Para el número de repeticiones de EE para el carril de diseño según cálculos efectuados tenemos como resultado: $N_{rep} = 329120.2569$ ($10^5 \times 3,291202569$)

La capa base granular se tomará de espesor igual a lo establecido por el método NAASRA, según criterio: 30cm.

La temperatura media anual del aire (TMAA) se tomará del cuadro N° 01 y será igual a: 24°C¹²⁴

1. Se calcula el módulo de Resiliencia de la subrasante conforme a la fórmula del Manual¹²⁵:

$$Mr \text{ (Mpa)} = 10.3 \times CBR = 10.3 \times 6.93 = 71.38 \dots\dots\dots (37)$$

$$\mathbf{Mr \text{ (Mpa)} = 71.38}$$

2. En la figura N° 15 del Instituto del Asfalto que corresponde a una temperatura Media Anual del Aire (TMAA) de 24°C y base de 30 cm. Se parte del eje horizontal en donde están las cargas de Eje Equivalente de 329120.2569 (105 x 3.291202569) y de la vertical con el módulo de Resiliencia (Mr) de la Subrasante en Mpa = 71.38, las dos líneas se interceptan en menos de 100 milímetros, pero según la figura en necesario aplicar un mínimo de 100 milímetros de espesor de asfalto.
3. Con los datos se llega a que el espesor de capa Asfáltica es de 100 milímetros con una base de 30 centímetros de espesor.
4. Tal como vemos en la figura siguiente (fig. N° 15).
5. la comparación de estos dos métodos se visualizará en el cuadro N° 17.

¹²⁴ CORDESAM, Diagnóstico del departamento de San Martín, Moyobamba, 1988, (del documento Estudios y Evaluación de Recursos Naturales - ONERN

¹²⁵ Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, Capitulo 7, pág. 32

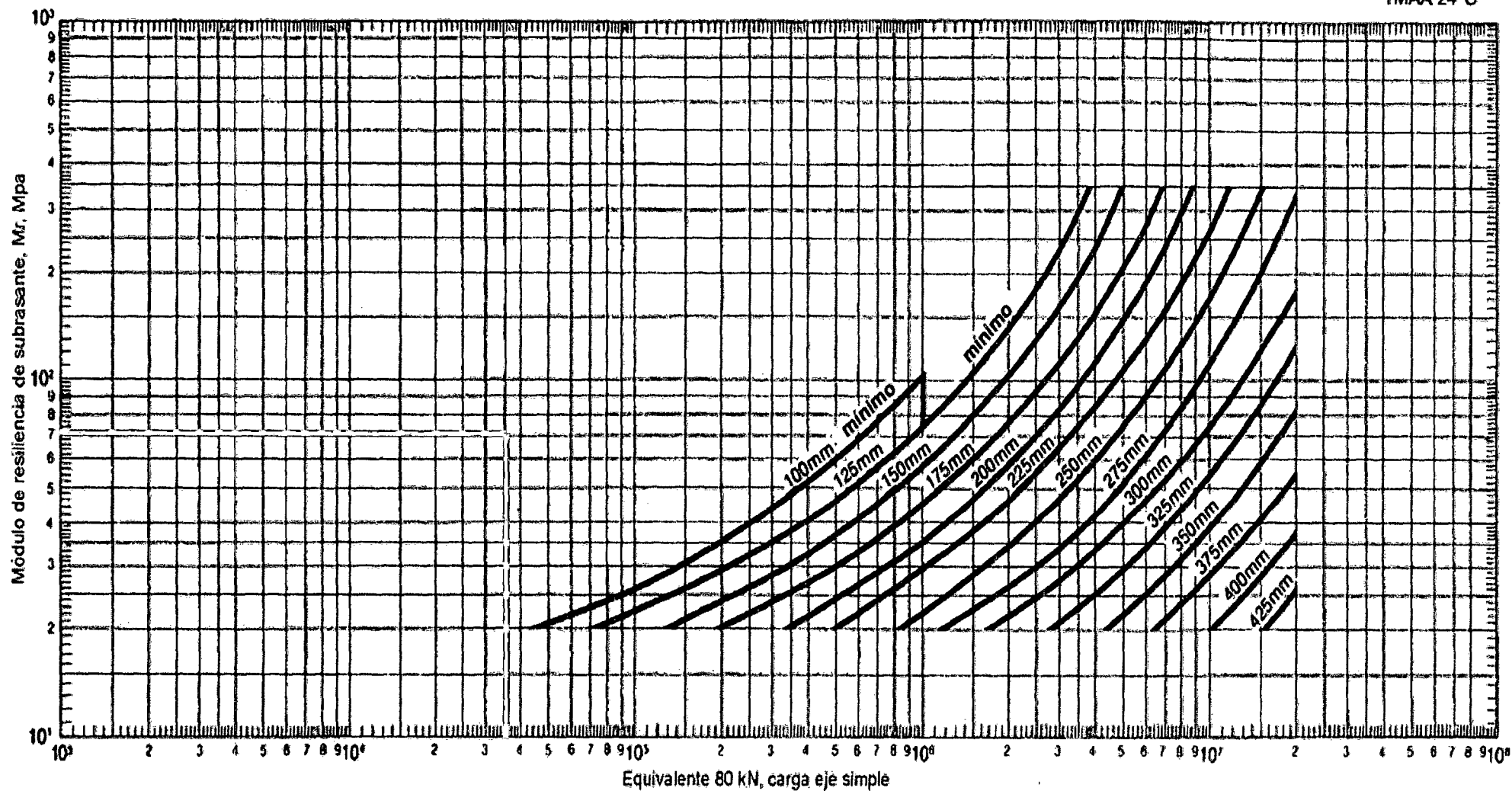


Figura N° 16: Esquema para la obtención del espesor del asfalto mediante el método del Instituto del Asfalto.
Fuente: Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos.

Agregado de Base de 300 mm de espesor.

3.2.5.3.7 Resultados del Impacto Ambiental

- ❖ El área donde se desarrolla el proyecto en los distritos de Rioja y Posic, y abarca una vía aproximado de 6,090.00 Km.
- ❖ Según la evaluación cartográfica del proyecto, respecto a los puntos de riesgos identificados en el análisis de riesgo realizado para el distrito Rioja y Posic, en la zona no se identifican áreas de riesgo con influencia cercana.
- ❖ El área por la que atraviesan las obras lineales del proyecto comprende la zona urbana del distrito de Rioja.
- ❖ Habiendo realizado la Evaluación Cualitativa y Cuantitativa de las posibles acciones del Proyecto, con la ayuda de Matrices pronóstico para determinar el Nivel de Impacto Ambiental y en concordancia con el filtrado del mismo como una acción para categorizar el riesgo ambiental (screening), es que se puede concluir de acuerdo al cuadro N°: 18, de acuerdo a la matriz de valoración de impactos se han identificado 230 unidades de impacto encontrando una ponderación de +94 para los impactos positivos y - 135 para los negativos. Ubicando entre los principales impactos:
 - Ligero mejoramiento de los ingresos económicos de la población, por mano de obra no calificada.
 - Alteración del paisaje.
 - Alteración de la fauna local.
 - Cambio del valor del suelo y/o del pavimento.
 - Afectación de la calidad del suelo.
 - Emisión de ruidos, polvos, gases y olores debido al movimiento de tierras y flujo vehicular.
 - Afectación del tránsito vehiculare en ambos distritos.

- Afectación de la cobertura vegetal y agua superficial en toda la vía.
- ❖ Con el plan de manejo ambiental se pretende mitigar los impactos ambientales negativos del proyecto, al mismo tiempo se pretende mejorar las condiciones actuales de cobertura boscosa, reforestando 200 has en la rivera de la fuente de capitación y el río Naranjillo, minimizando el riesgo a derrumbes.
- ❖ Por lo tanto la ejecución de las actividades del proyecto generará impactos ambientales negativos significativos hacia los componentes ambientales involucrados para lo cual se deberá implementar adecuada y técnicamente el plan de manejo ambiental para minimizar dichos impactos por parte de la empresa contratista. Los impactos negativos se presentarán en la fase de construcción y mantenimiento. Sin embargo, es que incluimos en este documento: un Plan de Mitigación de Impactos con carácter exhaustivo (scoping); con acciones a implementarse obligatoriamente para el presente proyecto que son consideradas de riesgo ambiental; lo cual evitará daños representativos al ambiente y sus recursos.
- ❖ Con la incorporación de estas acciones se contribuirá a mejorar el Nivel Óptimo de Calidad Ambiental del ámbito de influencia del proyecto.
- ❖ El estudio de impacto ambiental se presenta en el cuadro N° 22.

IV. RESULTADOS

4.1 Resultado del Estudio de Tráfico

Cuadro N° 04: Índice Medio Diario Estación E1 – Rioja – Posic

Tipo De Tráfico	Vehículos Ligeros	Camiones/Ómnibus		IMDA
	Autos y Camionetas	C - 2	C - 3	
Normal X FCE	16	5	3	24
Porcentaje	66.66%	20.83%	12.50%	100%
Generado	8	1	1	10
Total AI 2021	24	6	4	34
Porcentaje	70.59%	17.65%	11.76%	100%
	70.59%	29.41%		100%

Fuente: Elaboración propia

Ubicación: Entrada a la carretera Rioja – Posic.

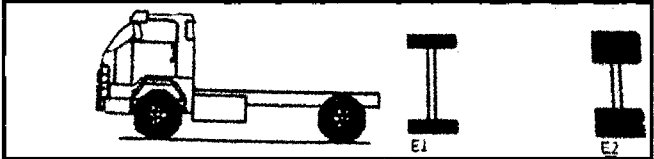
Fecha de conteo: Noviembre del 2011, de 07.00 hrs al 8.00 hrs y de 17.00 hrs a 18.00hrs

Cuadro N° 05: Tráfico de Diseño.

Tipo De Tráfico	Vehículos Ligeros	Camiones/Ómnibus		IMDA
	Autos y Camionetas	C - 2	C - 3	
Total AI 2021	24	6	4	34
Porcentaje	42.85%	17.65%	11.76%	100%
	70.59%	29.41%		100%

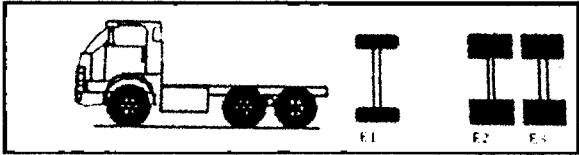
Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 06: Cálculo de Factores de Equivalencia por Eje y Factor Vehículo Camión C2
Pavimento Flexible

CONFIGURACION VEHICULAR	DESCRIPCION GRÁFICA DE LOS VEHÍCULOS							LONG. MÁXIMA (m)
C2								12.30
	$EE_{S1}=[P/6.6]^4$		$EE_{S2}=[P/8.2]^4$					
EJES	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8
Cargas Según Censo De Carga (Ton)	7	11						
Tipo de eje	Eje simple	Eje simple						
Tipo de Rueda	Rueda simple	Rueda Doble						
Peso	7	11						Total Factor Camión C2
Factor E.E	1.265	3.238						4.503



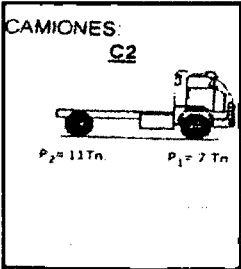
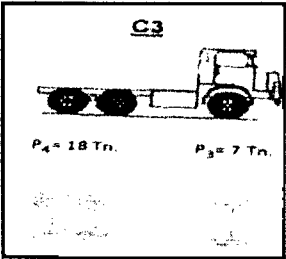
Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 07: Cálculo de Factores de Equivalencia por Eje y Factor Vehículo Camión C3 Pavimento Flexible.

CONFIGURACION VEHICULAR	DESCRIPCION GRÁFICA DE LOS VEHÍCULOS							LONG. MÁXIMA (m)
C3								13.20
	$EE_{S1}=[P/6.6]^4$		$EE_{TA2}=[P/15.1]^4$					
EJES	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8
Cargas Según Censo De Carga (Ton)	7	9	9					
Cargas Según Censo De Carga (Ton)	7	18						
Tipo de Eje	Eje simple	Eje Tandem						
Tipo de Rueda	Rueda simple	Rueda Doble						
Peso	7	18						TOTAL FACTOR CAMION C3
Factor E.E	1.265	2.019						3.284

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 08: Calculo de Ejes Equivalentes para Pavimento Flexible

					A*B*C*D	E*182.5 ⁽¹¹⁾
TIPO DE VEHÍCULO	Cantidad de Vehículos (IMD)	Factor de crecimiento (Fca)	Factor de Presión de Neumáticos (Fp)	Factor Vehículo Pesado (Fvp)	N° DE REPETICIONES EE _F	N° DE REPETICIONES EE PAVIMENTO FLEXIBLE
	A	B	C	D	E	F
	16	4.3 ⁽¹⁾ 20.48 ⁽⁶⁾ 20.48	2.31 ⁽⁸⁾ 2.31	0.0002 ⁽²⁾ 0.0002	0.15138816	27.6283392
	8	4.3 ⁽¹⁾ 20.48 ⁽⁶⁾ 20.48	2.31 ⁽⁸⁾ 2.31	0.0002 ⁽²⁾ 0.0002	0.07569408	13.81422946
	6	3.60 ⁽³⁾ 19.44 ⁽⁷⁾ 19.44	2.31 ⁽⁸⁾ 2.31	4.503 ⁽⁴⁾ 4.503	1213.281115	221423.8035
	4	3.60 ⁽³⁾ 19.44 ⁽⁷⁾ 19.44	2.31 ⁽⁸⁾ 2.31	3.284 ⁽⁵⁾ 3.284	589.8904704	107655.0108
Nrep. De EE _{8.2Tn} =					329120.2569	

Fuente: Elaboración propia

4.2 Resultado del Estudio de Mecánica de Suelos

4.2.1 Resultado del Análisis de Canteras

4.2.1.1 Cantera Cerro Yorongos

Cuadro N° 09: Límite de Consistencia Norma ASTMA-D-4318 y Clasificación de Suelos SUCS ASTM-D-2487 y AASHTO ASTM-D-3282

Límite de Consistencia %			Clasificación de Suelos	
Límite Líquido	Límite Plástico	Índice de Plasticidad	SUCS	AASHTO
ASTM-D-4318			ASTM-D-2487	ASTM-D-3282
20.6	11.7	8.9	SC	A -2 – 4 (0)

Fuente: Elaboración propia

4.2.1.2 Cantera Cerro Yorongos (40%) y Río Tonchima (60%)

Cuadro N° 10: Límite de Consistencia Norma ASTMA-D-4318 y Clasificación de Suelos SUCS ASTM-D-2487 y AASHTO ASTM-D-3282

Límite de Consistencia %			Clasificación de Suelos	
Límite Líquido	Límite Plástico	Índice de Plasticidad	SUCS	AASHTO
ASTM-D-4318			ASTM-D-2487	ASTM-D-3282
24.0	18.1	5.9	GM - GC	A -1 – a (0)

Fuente: Elaboración propia

4.2.1.3 Cantera Cerro Yorongos (20%) y Río Tonchima (80%)

Cuadro N° 11: Límite de Consistencia Norma ASTMA-D-4318 y Clasificación de Suelos SUCS ASTM-D-2487 y AASHTO ASTM-D-3282

Límite de Consistencia %			Clasificación de Suelos	
Límite Líquido	Límite Plástico	Índice de Plasticidad	SUCS	AASHTO
ASTM-D-4318			ASTM-D-2487	ASTM-D-3282
20.1	16.0	4.1	GM - GC	A -1 – a (0)

Fuente: Elaboración propia

4.2.2 Resultado del Análisis de Calicatas en el Tramo Rioja - Posic

Cuadro N° 12: Resultado del Análisis de Calicatas en el Tramo Rioja - Posic

CALICATAS RIOJA - POSIC

N°	Muestra (m) De-A	Progresiva (Km.)	Límite de Consistencia %			Clasificación de Suelos	
			Límite Líquido	Límite Plástico	Índice de Plasticidad	SUCS	AASHTO
			ASTM-D-4318			ASTM-D- D-2487	ASTM-D- 3282
Nº 01	0.25 -1.05	0+250	22.88	12.53	10.35	SC	A-2-4 (0)
Nº 01	1.05 – 1.50	0+250	25.98	15.42	10.56	CL	A-6 (2)
Nº 02	0.25 – 0.85	0+750	00.00	00.00	00.00	SW - SM	A-2-4 (0)
Nº 02	0.85 – 1.20	0+750	18.15	16.32	1.83	SM	A-2-4 (0)
Nº 02	1.20 - 1.50	0+750	00.00	00.00	00.00	SM	A-2-4 (0)
Nº 03	0.30 - 1.10	1+250	60.95	33.45	27.50	MH	A-7-5(20)
Nº 03	1.10-1.50	1+250	45.93	25.46	20.47	CL	A-7-6(20)
Nº 04	0.40-1.50	1+750	58.92	31.58	27.34	MH	A-7-5(20)
Nº 05	0.35 - 0.70	2+250	36.63	25.69	10.95	ML	A-6 (8)
Nº 05	0.70-1.50	2+250	38.04	22.40	15.64	CL	A-6 (11)
Nº 06	0.25 - 1.00	2+750	33.91	22.56	11.35	SC	A-6 (3)
Nº 06	1.00 - 1.50	2+750	36.33	20.52	15.81	CL	A-6 (7)
Nº 07	0.55 - 1.20	3+250	25.42	19.30	6.12	CL - ML	A-4 (4)
Nº 07	1.20- 1.50	3+250	43.06	23.45	19.61	CL	A-7-6 20)
Nº 08	0.25 -1.50	3+500	36.44	20.31	16.13	CL	A-6 (10)
Nº 09	0.25 – 1.50	3+750	36.97	20.12	16.85	CL	A-6 (11)
Nº 10	0.30-1.50	4+000	46.51	25.76	20.75	CL	A-7-6(15)
Nº 11	0.50 - 1.10	4+250	32.72	21.49	11.23	CL	A-6 (6)
Nº 11	1.10-1.50	4+250	29.13	17.65	11.48	CL	A-6 (4)

Nº 12	0.50 - 1.50	4+430	40.12	21.60	18.52	CL	A-6 (15)
Nº 13	0.35 – 0.95	4+500	33.18	18.43	14.75	CL	A-6 (7)
Nº 13	0.95 -1.50	4+500	24.22	15.59	8.63	SC	A-2-4 (0)
Nº 14	0.10 - 0.70	4+750	45.34	26.63	18.71	CL	A-7-6(14)
Nº 14	0.70 - 1.50	4+750	26.37	19.55	6.82	SC - SM	A-4 (0)
Nº 15	0.25 -1.50	4+820	25.44	17.63	7.81	CL	A-4 (2)
Nº 16	0.15 -1.50	5+000	57.09	33.55	20.12	MH	A-7-5(20)
Nº 17	0.10-1.50	5+145	44.04	23.92	20.12	CL	A-7-6(17)
Nº 18	0.10 – 1.00	Jr. San Miguel C- 2	34.97	20.29	14.68	CL	A-6 (9)
Nº 18	1.00-1.50	Jr. San Miguel C- 2	37.34	23.10	14.24	CL	A-6 (9)
Nº 19	0.30 – 1.50	Jr. San Miguel C- 4	34.36	18.77	15.59	CL	A-6 (9)
Nº 20	0.15 - 0.55	Jr. San Martín	21.11	13.44	7.67	CL	A-4 (2)
Nº 20	0.55 -1.50	Jr. San Martin	25.64	15.50	10.14	CL	A-4 (6)
Nº 21	0.35 - 0.75	Jr. Virgen Nativid.C- 2	26.49	14.66	11.83	CL	A-6 (4)
Nº 21	0.75 -1.50	Jr. Virgen Nativid.C- 2	33.99	19.34	14.65	CL	A-6 (9)
Nº 22	0.10 - 0.55	Jr. San Miguel C- 7	25.32	16.87	8.45	CL	A-4 (2)
Nº 22	0.55 – 1.50	Jr. San Miguel C- 7	33.91	19.39	14.52	CL	A-6 (5)

Fuente: Elaboración propia

4.2.3 Resultado del Valor Soporte (CBR) para Diseño en el Tramo Rioja - Posic

Cuadro N° 13: Valores CBR para diseño

CALICATA	PROGRESIVA	MUESTRA	PROF.	TIPO DE SUELO	CBR (95% MDS)
N° 01	Km 00+250	M – 2	0.25 – 1.05	SC	26.60 %
N° 02	Km 00+750	M – 2	0.25 – 0.85	SW - SM	12.05 %
N° 03	Km 01+250	M – 2	0.30 – 1.10	MH	6.00 %
N° 04	Km 02+250	M – 2	0.35 – 0.70	ML	7.85%
N° 05	Km 02+750	M – 2	0.25 – 1.00	SC	13.85%
N° 06	Km 04+020	M – 2	0.40 – 1.50	MH	5.60 %

Fuente: Elaboración propia

4.2.4 Percentiles Estadísticos para la Obtención del CBR de Diseño en el Tramo Rioja - Posic

Cuadro N° 14: Percentiles Estadísticos para la Obtención del CBR de Diseño

Percentiles:

CBR	Número de Valores Iguales o Mayores	% de Valores Iguales o Mayores
5.60	6	$6/6 \times 100 = 100$
6.00	5	$5/6 \times 100 = 83.30$
7.85	4	$4/6 \times 100 = 66.70$

12.05	3	$3/6 \times 100 = 50$
13.85	2	$2/6 \times 100 = 33.3$
26.60	1	$1/6 \times 100 = 16.70$

$1 \times 10^5 \leq EE\ 8.2Tn \leq 1 \times 10^6 \approx$ Percentil 75% de los valores de CBR
EE 8.2Tn proyecto: 3.291202569 x 10⁵

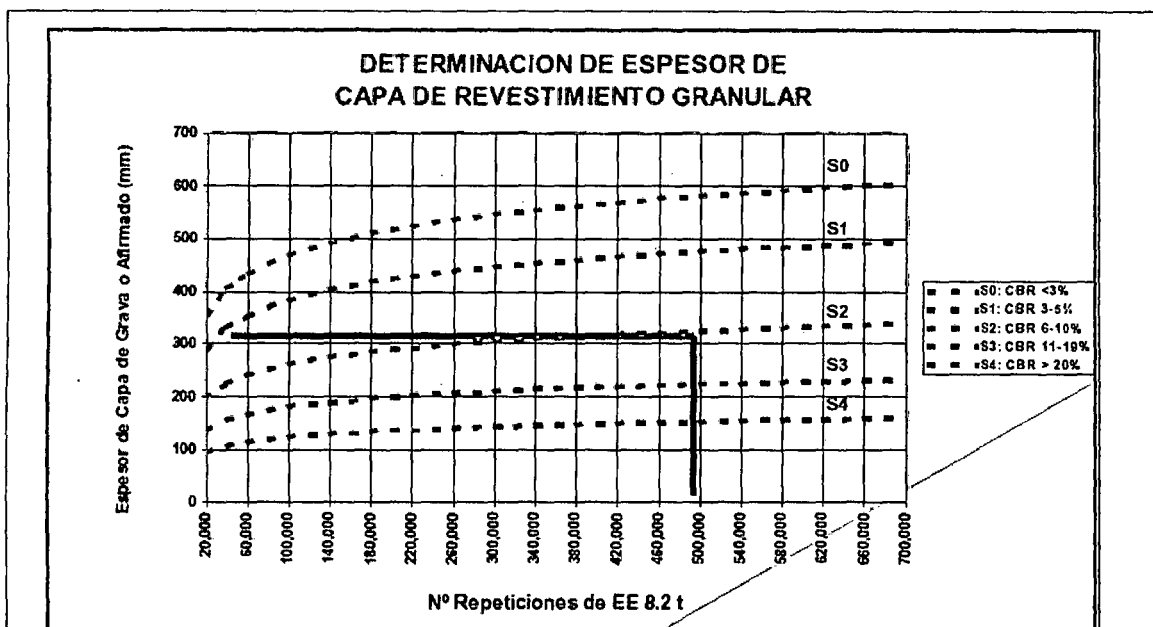
Fuente: Elaboración propia

4.3 Diseño del Pavimento Flexible

4.3.1 Cuadro de Resumen del Diseño Estructural del Pavimento Flexible utilizando el Método NAASRA

Cuadro N°15: Cuadro de Resumen del Diseño Estructural del Pavimento Flexible Utilizando el Método NAASRA.

Diseño Estructural del Pavimento Flexible Utilizando el Método NAASRA		
IMDA	Actual 2011	Proyectado 2021
	24	34
Periodo de Diseño	Colectores o Camino Rurales	
	10 – 20 años (15 años)	
Calculo de E.E _{8.2Tn} según fórmula: Nrep de EE8.2 tn = Σ[EE _{dia-carril} x Fca x 365]	329120.2569	
CBR: 06% al 10%	Tipo de Sub Rasante	
	S2, Sub Rasante Regular	



e= 300mm

Según fórmula NAASRA, cálculo del espesor del afirmado:	$e = \left[219 - 211 * (\log_{10} CBR) + 58 * (\log_{10} CBR)^2 \right] * \log_{10} * (Nrep / 120)$
	e = 300 mm
Imprimación:	Emulsión asfáltica tipo CSS- 1h
	Proporción: 1 lt emulsión/ 5 lt agua; Tasa de riego: 1.6 litros por metro cuadrado.
Monocapa:	Emulsión asfáltica + gravillado ½ tam. Máximo.
Tratamiento Superficial SLURRY SEAL	E = 15 mm

Fuente: Elaboración propia

4.4 Comparación entre el Método NAASRA y el Método AASHTO

Cuadro N°16: Comparación entre el Método NAASRA y el Método AASHTO

ESPEORES/METODOS	METODO AASHTO	METODO NAASRA
Espesor Carpeta Asfáltica (cm)	6	1.5 (Tratamiento superficial)
Espesor Base Granular (cm)	4	30
Espesor Sub Base Granular (cm)	32	0
Espesor Total (cm)	42	31.5

Fuente: Elaboración propia

4.5 Comparación entre el Método NAASRA y el Método del Instituto del Asfalto

Cuadro N°17: Comparación entre el Método NAASRA y el Método del Instituto del Asfalto

ESPESORES/METODOS	METODO DEL INSTITUTO DEL ASFALTO	METODO NAASRA
Espesor Carpeta Asfáltica (cm)	10	1.5 (Tratamiento superficial)
Espesor Base Granular (cm)	30	30
Espesor Sub Base Granular (cm)	0	0
Espesor Total (cm)	40	31.5

Fuente: Elaboración propia

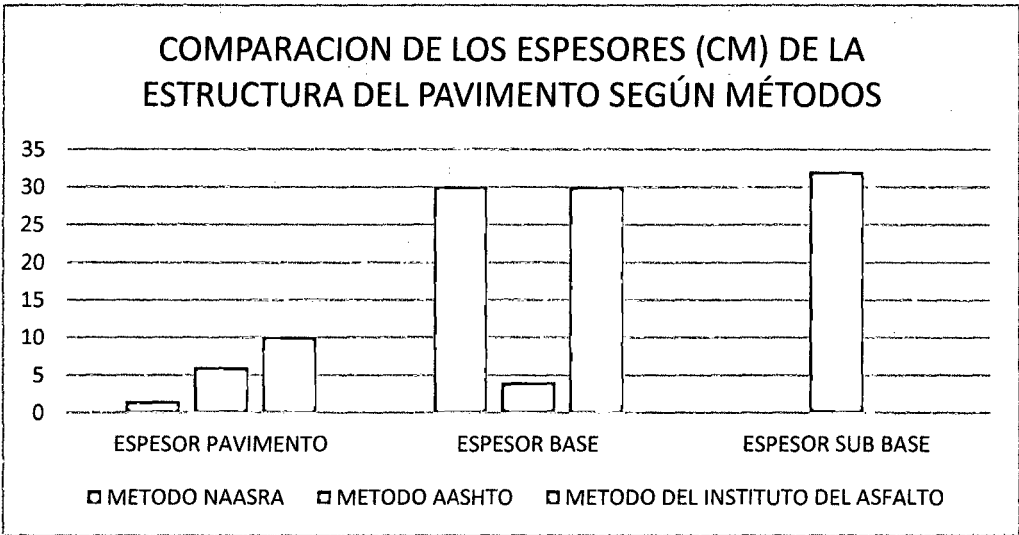
4.6 Análisis Comparativo y Estadístico entre el Método NAASRA y los métodos AASHTO e Instituto del Asfalto

Cuadro N°18: Análisis Comparativo de los Métodos de Diseño de Pavimentos.

MEDIDAS ESTADÍSTICAS/ MÉTODOS	COMPARACIÓN DE LOS MÉTODOS		
	Pavimento Flexible	Capa Base o Afirmado	Capa Sub Base
Método NAASRA	Tratamiento Superficial Monocapa y Sellado con Slurry Seal 15mm.	Espesor de 30 cm	No Tiene
Método AASHTO	Carpeta Asfáltica de 6 cm	Espesor de 4 cm	Espesor de 32 cm
Método del Instituto del Asfalto	Carpeta Asfáltica de 100 mm	Espesor de 30 cm	No Tiene

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N°19: Análisis Estadístico Comparativo del Diseño Final del Pavimento Flexible Mediante del Método NAASRA con otros Métodos de Diseño de Pavimento Flexible.



Fuente: Elaboración propia.

4.7 Matriz de Leopold para la evaluación del Estudio de Impacto Ambiental

Cuadro N° 20: Matriz de Valoración de impactos ambientales.

Actividades del Proyecto Componentes del Ambiente			Inversión										Post Inversión	Total de Negativos	Total de Positivos
			Ensayos Preliminares	Extracción de material de cantera	Transporte de materiales	Excavación de Calicatas	Movimiento de tierras	Pavimentación	Acabados	Limpieza final de obra	Adquisición de equipos	Capacitación al personal	Operación y Mantenimiento		
Medio Físico	Aire	Ruido		-1			-5	-5						-11	
		Vibraciones			-5	-4	-5	-5						-19	
		Humos y gases			-5			-4						-9	
		Polvo		-3	-4	-4	-5				-4			-20	
	Suelo	Calidad de suelo		2		4	-5	-3	-5		2			-13	8
		Erosión		-3			-5							-8	
	Agua	Superficial													
		Subterránea				-2								-2	
Medio Biológico		Fauna		-1	-5		-3	-2						-11	
		Cobertura vegetal	-2	-2		-3	-3	-2						-12	
Medio Socioeconómico	Social	Seguridad		-1	-5	-4	-4							-14	
		Calidad de vida						5				6		11	
		Población						5			2	2	6		15
		Nivel de empleo	2	2		2	2	2	2		2	2			16
	Económico	Ingreso económico local	2	4			2	4	2		2	2			18
		Cambio de valor del suelo			-4	4	-4	5	2				4	-8	11
		Valoración de inmuebles			-4	4	-4	5	2				4	-8	15
Total	Negativos		-2	-11	-32	-17	-43	-21	-5		-4			-135	
	Positivos		4	10		14	4	26	8		8	6	20	94	

Fuente: Elaboración propia

V. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

5.1 Análisis de Resultados

Las conclusiones de los resultados obtenidos en los diferentes ensayos llevados a cabo en la investigación “diseño del pavimento flexible mediante el método NAASRA en el mejoramiento del camino vecinal Rioja – Posic”, constituye una parte de suma importancia.

En cuanto al diseño del pavimento flexible mediante el método NAASRA, se indica; que no hay un trabajo que permitió compararlo por falta de investigación referente al tema, pero en este proyecto de tesis se ha hecho dos comparaciones con métodos de diseño de pavimento flexible (método AASHTO y el método el Instituto del Asfalto), teniendo como punto de partida la presente investigación, para trabajos similares que puedan investigarse en el futuro.

5.1.1 Ensayos Preliminares

Se realizaron ensayos previos y mínimos de diseño geométrico, Los radios se han adoptado en función a la velocidad directriz y las condiciones topográficas del terreno, siendo necesario adoptar radios con longitudes iguales al mínimo excepcional.

La velocidad adoptada para la elaboración de la presente propuesta, es de 30 Km/h. La cual satisfacer a las necesidades del tráfico y se adopta al tipo de relieve del terreno de la zona.

Las pendientes máximas está dentro del rango permisible y la mínima se adoptó debido a que el drenaje en estos tramos está garantizada.

La sección transversal corresponde al ancho mínimo, en la cual está incluida la superficie de rodadura, las bermas y el sobre ancho en las curvas.

La sección transversal corresponde al ancho mínimo, en la cual está incluida la superficie de rodadura, las bermas y el sobre ancho en las curvas.

Las pendientes máximas está dentro del rango permisible y la mínima se adoptó debido a que el drenaje en estos tramos está garantizada.

5.1.2 Diseño del Pavimento Flexible Mediante el Método NAASRA

El tipo de pavimento a utilizar es pavimento flexible con base de material granular seleccionados (tratamiento superficial, SLURRY SEAL), teniendo en cuenta su bajo costo inicial, la disponibilidad de los agregados y facilidad en el mantenimiento.

Se diseñó el pavimento tipo tratamiento superficial SLURRY SEAL obteniendo un espesor de 15mm.

Antes de poder aplicar el tratamiento superficial, como todo trabajo de asfaltado de carreteras se tiene que seguir la secuencia del proceso constructivo, al haber diseñado la capa base o afirmado, como se sabe se procede a la imprimación con emulsión asfáltica tipo CSS -1 H, este tipo de emulsión asfáltica se va a utilizar en la aplicación de siguiente tratamiento superficial monocapa y finalmente proceder a la colocación del Slurry Seal.

Se ha hecho uso de este tipo de emulsión asfáltica, ya que a comparación de otras emulsiones, este no contamina el medio ambiente, ya que para su aplicación se debe mezclar con agua y según las especificaciones del producto no son tóxicas para el medio ambiente.

5.1.3 Análisis del Tráfico

Se ha obtenido el IMD (Índice Medio Diario) en el tramo Rioja – Posic, y se ha recopilado datos del número de vehículos que pasan por día, siendo los vehículos que transitan por lo general como autos, camionetas, camiones y ómnibus y motocicletas.

Se ha hecho los conteos a horas puntas, es decir, a horas donde existe mayor transitabilidad, analizando los horarios hemos hecho el conteo de 7.00 horas a 8.00 horas y de 17.00 horas a 18.00 horas.

Se ha proyectado el Índice Medio Diario a 10 años, es decir se ha tomado como año de servicio inicial el 2011, hasta el 2021.

Obtenidos los datos del IMD, se procedió a calcular los ejes equivalentes para el pavimento flexible, estos datos se han utilizado para el cálculo del espesor de a base mediante el método NAASRA, analizando los resultados se obtendrá en Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes de 8.2 toneladas.

5.1.4 Ensayo de Mecánica de Suelos

Se realizaron ensayos de mecánica de suelos (ensayo de calicatas y análisis de canteras) y de esta manera obtener sus propiedades físicas y determinar su aplicación.

5.1.4.1 Ensayo de Canteras

Se observó que para la base y afirmado del tramo como inicio proponía el uso de la cantera del cerro Yorongos, pero al hacer los estudios correspondientes en el laboratorio de suelos no alcanzaba la calidad para que pueda ser utilizado en el afirmado, ya que poseía material fino en exceso y al hacer la prueba de imprimación en el campo con material de esta cantera, no alcanzaba el espesor mínimo requerido de penetración del imprimante (3 a 5 mm), sólo penetraba 1 mm.

De esta manera, para tratar de bajar el volumen de material fino, se optó por utilizar de dos canteras con cantidades porcentuales diferentes, así que se optó sacar muestras del río Tonchima (Nueva Tabalosos) por poseer material granular y de esta manera contrarrestar la cantidad de material fino de la cantera del cerro Yorongos.

El porcentaje inicialmente fue de 60% de la cantera del río Tonchima (nuevo Tabalosos) y 40% de la cantera del cerro Yorongos, esta proporción tampoco cumplía con lo establecido para material afirmado ya que aún se presenciaban exceso de material fino (arcilla y limo) y de esta manera la imprimación en la base no penetraría según lo establecido (3 a 5 mm).

Luego se procedió a hacer otro ensayo en el laboratorio con las mismas canteras pero con proporción diferente al anterior y la mezcla adecuada fue de 80% de material de la cantera del río Tonchima, y 20% de la cantera del cerro Yorongos, teniendo como resultado un gravillado de gradación tipo C (pasante de la malla 8 hasta la malla $\frac{1}{2}$ ") y finalmente logrando el afirmado adecuado para su respectiva colocación.

Se determinó que el espesor del afirmado esté en el orden de los 25 a 30 cm, siendo este material afirmado de tamaño máximo de 2 pulgadas para luego proceder al imprimado, según los resultados que se obtuvo en el desarrollo de la ecuación del método NAASRA.

5.1.4.2 Ensayo de Calicatas

Se realizó el ensayo de calicatas a cada 250 metros aproximadamente al costado de la vía del proyecto, según especifican las normas de mecánica de suelos, el cual se ha podido observar los distintos tipos de ensayo que se ha obtenido (límites de consistencia, clasificación de suelos mediante SUCS y AASHTO).

Según represente el percentil 75% de los valores de CBR, se ha obtenido un valor CBR de diseño de 6.93% (al 95% de la Máxima Densidad Seca), (Ver cuadro N°14), y mediante este CBR hemos trabajado durante todo el proyecto.

Para la subrasante se dará al 95% del proctor modificado (compactación), según criterio propio, para luego proceder al material base (afirmado) al 100% del proctor modificado.

Analizando las muestras obtenidas hemos concluido que La sub rasante tendrá un espesor de 30 centímetros como máximo en algunos lugares donde se dará el relleno para tener como resultado el ancho de vía final (7.20 metros), ya que en algunos tramos requiere de mejoramiento el cual se ha propuesto utilizar geomalla en las progresivas km 4+020

hasta 4+810 y de la progresiva 4+880 hasta 5+136, se requirió este material debido a que el suelo de la subrasante era muy malo.

La geomalla tendrá como objetivo la estabilización del suelo, el cual, en partes de los tramos mencionados existen zonas de filtración de agua y zonas donde hay gran cantidad de material orgánico.

Se utilizará también sub drenes en las progresivas km 0+992 al 1+100 y en el km 1+280 al 1+310 lado derecho de la vía, para drenar aguas aledañas que son originados por lagunas artificiales, pozas de agua que colindan con la carretera Rioja- Posic y de esta manera no perjudicar la estructura del pavimento.

Se hizo el diseño de un badén en la progresiva 4+830 hasta la progresiva 4+865, ya que en esas progresivas mencionadas colinda con el canal del río Tonchima y en tiempos de crecida y máximas avenidas este cauce sobrepasaría la plataforma del pavimento; por esta razón y así evitar el desgaste de la estructura se optó en diseñar dichos badenes; además se colocarán gaviones en todo el tramo de esta estructura con la finalidad de proteger aún más el pavimento.

5.1.5 Análisis Comparativo entre el Método NAASRA y los Método AASHTO e Instituto del Asfalto

Se ha comparado el método estudiado en el proyecto con el método convencional AASHTO 1993, el cual mediante un programa de software se calculó los espesores requeridos, dando como resultado no muy favorables si se llegaría a utilizar el método convencional, según los resultados del cálculo se obtuvo que tendría un espesor en la Sub Base de 32 centímetros, en la Base o Afirmado un espesor de 10 centímetros y en la carpeta Asfáltica un espesor de 6 cm, dando como espesor total 48 centímetros.

Al haber hecho el diseño del pavimento según el método AASHTO y compáralo con el método NAASRA, nos demuestra que no sería favorable utilizar el método convencional en un camino o carretera de bajo volumen de tránsito ya que ocasionaría un aumento de la capa Sub Base y la

carpeta asfáltica dando como resultado un mayor gasto económico innecesario para este tipo de vías.

Se ha comparado el método estudiado en el proyecto de tesis con otro de los métodos más comunes, que es el método del Instituto del Asfalto, el cual según el manual Centroamericano para diseño de pavimentos se ha calculado los espesores requeridos según los mismos datos de campo que se utilizó en el método NAASRA, y se ha obtenido un espesor de base de 30 centímetros, y un espesor de pavimento flexible de 100 milímetros.

Al diseñar con este método y volviendo a comparar con el método del proyecto, nos demuestra que tampoco sería favorable utilizar el método del Instituto del Asfalto para este tipo de caminos de bajo volumen de tránsito, y que al igual que el AASHTO, resultaría un mayor gasto económico innecesario.

De esta manera analizando los datos, el proyecto quedaría con el método propuesto, ya que para elaborar un proyecto se necesita la mayor optimización de los materiales, cuidando la calidad y eficiencia del trabajo.

5.1.6 Análisis del Estudio del Impacto Ambiental

Se ha analizado la evaluación del impacto ambiental en el proyecto y se ha tenido en cuenta lo siguiente:

De acuerdo a la matriz de valoración de impactos se han identificado 230 unidades de impacto encontrando una ponderación de +94 para los impactos positivos y - 135 para los negativos.

Impactos Positivos

Los componentes ambientales en los cuales se generará una mayor afectación por el proyecto, están referidos a la generación de empleo temporal y mejoras en la economía local. Estas mejoras básicamente se refieren a la etapa de construcción al requerir mano de obra no calificada el para desarrollado de labores no especializadas, así mismo, la venta de productos locales al personal de obra.

Un aspecto importante está referido además a la mejora en la calidad de vida de la población, impacto positivo que tendrá mayor incidencia durante la operación del proyecto y cuya significancia se considera alta por su intensidad y permanencia.

Asimismo componentes ambientales como el cambio en el valor de los inmuebles y el valor del suelo experimentarán mejoras con el proyecto.

Impactos Negativos

El componente ambiental aire, se verá afectado con mayor incidencia por el proyecto. Los impactos que serán producidos en este componente están referidos a la generación de polvo y ruido durante los trabajos de construcción y se manifiestan por la emisión de material particulado (polvo), emisión de gases, humos y ruido, principalmente durante los movimientos de tierra y transporte de materiales.

Con respecto al suelo la calidad de este componente ambiental podría verse afectada por los posibles derrames de grasas y aceite, producido por la propia acción operativa de maquinaria pesada, así como, la disposición inadecuada de residuos sólidos que se generen durante el proceso constructivo: material de excavación de zanjas, residuos de pavimento, escombros, papeles, maderas, restos metálicos, trapos impregnado con grasas, bolsas, envases de insumos, otros.

La generación de áreas con suelo desnudo favorecerán la presencia de fenómenos erosivos.

Con respecto a la fauna local; se producirá impacto por efecto de la generación de vibración y ruido; sin embargo, este efecto es temporal y puntual, por lo tanto se considera de baja significancia,

Dada el área de intervención, se identifica que la afectación de este componente, se da por efecto del movimiento de tierra y del tránsito de vehículos y personal, se considera que es de significancia baja.

En lo concerniente a la afectación del paisaje en el área de intervención, se identifica que la afectación de este componente, se da por efecto de la

acumulación de material excavado, así como, de la ejecución de obras civiles, se considera que es de significancia baja.

En lo concerniente a la afectación a las condiciones de seguridad en el área de intervención, se identifica que la afectación de este componente, se da por efecto de la apertura de zanjas, así como, por la excavación para fundación de estructuras, se considera que es de significancia baja, por su carácter temporal y alta mitigabilidad.

Medidas de Mitigación Ambiental

Aire

- Riego constante para evitar la generación de polvo.
- Verificación periódica de la operatividad de la maquinaria para minimizar la expulsión de partículas.
- Uso de silenciadores en la maquinaria.
- Cubrir con mantas las zonas con terreno suelto para evitar generación de polvo, hasta el traslado y disposición final del material.

Agua

- Verificar que el uso del agua en las obras civiles se realice buscando su constante optimización. En la medida de lo posible recurrir a fuentes alternas al agua potable a la que accede la institución educativa.

Suelo

- Establecer áreas de disposición de residuos sólidos y contenedores para derribados de combustibles fósiles.
- Realizar plantaciones en las áreas con suelo desnudo.

Paisaje y seguridad

- Trasladar la tierra acumulada por corte o desperdicios por construcción a lugares específicos (Botaderos) donde no entorpezcan la visión paisajística, este material suelto será compactado por pisos y se le agregará una capa de 20 cm. De materia orgánica para luego

revegetalizar con especies como la retama, el cual es una planta de rápido crecimiento.

- Para evitar la inmisión de polvo y partícula, la pérdida de materiales y la consiguiente acumulación de desechos en la carretera, que se pueden producir durante el transporte de materiales de las canteras a las obras, y de estas a los botaderos, se recomienda: Evitar el exceso de carga de materiales en las tolvas de los volquetes, utilizar una cobertura de lona en la tolva a fin de cubrir el material y evitar las caídas, humedecer las zonas de carguío y manejo de material, mediante la utilización de camión cisterna.
- Eliminar suelo contaminado enterrándolo a más de 2 metros de profundidad como disposición final.
- Evitar la evacuación de desperdicios de hidrocarburos (petróleo, aceites).
- En cuanto al manejo de lubricantes y aceites se propone capacitar al personal encargado de manejo de aceites y lubricantes, y disponer que siempre sean ellos los que efectúen el manejo de lubricantes.

5.2 Discusión de Resultados

5.2.1 Diseño del Pavimento Flexible Mediante el Método NAASRA

En el cuadro N° 15 se muestra todo el procedimiento para el diseño estructural del pavimento flexible mediante el método NAASRA, calculando de este modo el espesor que va a tener la base o capa afirmada que es de 300 milímetros (30 cm.), se ha visto notoriamente que el tramo del proyecto es un camino de bajo volumen de tránsito, específicamente con un IMDA actual (al 2011) de 24 vehículos por día y con proyección al 2021 de 34 vehículos por día.

Se ha hecho uso de dos tipos de tratamiento superficial, Monocapa y Slurry Seal, debido a que era necesario utilizar el primero por ser una capa de

gravillado mezclado con emulsión asfáltica, y para dar seguridad a la superficie de rodadura se ha optado por sellar con otra capa conformado por gravilla, arena, filler, agua y la emulsión asfáltica tipo CSS – 1H, se logró el diseño esperado del pavimento flexible mediante el método NAASRA.

5.2.2 Tráfico

En el cuadro N° 04 se ha elaborado de acuerdo al IMD del área de proyecto, y se ha diseñado mediante tráfico de diseño (ver Cuadro N° 05) la cantidad de vehículos que pasan por el tramo, siendo útil estos datos para poder calcular el número de repeticiones de Ejes Equivalentes de 8.2 tn (ver Cuadro N° 08), lográndose obtener el resultado que servirá para el cálculo del espesor de base y por consiguiente el espesor del pavimento flexible.

Cabe recalcar que este dato se ha utilizado también en el cálculo del diseño de pavimento flexible con los métodos comparativos (método AASHTO y método del Instituto del Asfalto) durante el proyecto de tesis.

5.2.3 Ensayo de Mecánica de Suelos

Se han hecho todos los ensayos correspondientes en lo que respecta la mecánica de suelos para el proyecto, lográndose de este modo obtener datos de campo y aplicarlos para el diseño de pavimento flexible.

5.2.3.1 Ensayo de Canteras

Se ha elaborado tres ensayos de cantera, ya que no se alcanzaba la adecuada granulometría para la base o afirmado.

Se ha elaborado el análisis granulométrico de la cantera del cerro Yorongos, el cual no cumplía el requerido para la base, ya que en el análisis de mecánica de suelos presentaba exceso de arcilla, ver cuadro N° 09.

Para contrarrestar la cantidad de arcilla de la cantera anterior, se ha elaborado luego con proporciones diferentes y se ha optado por extraer

muestras de suelo del río Tonchima, y se determinó que el material que posee esta cantera podría contrarrestar el exceso de arcilla, así que se probó con proporción de 40% del cerro Yorongos y 60% del río Tonchima (ver cuadro N° 10), pero según el análisis granulométrico esta proporción aún tenía exceso de arcilla.

Se volvió a hacer los análisis respectivos con proporciones de 20% del cerro Yorongos y 80% del río Tonchima (ver Cuadro N°11), siendo esta proporción el adecuado para la utilización de la base en el mejoramiento del camino vecinal Rioja – Posic, lográndose de esta manera la adecuada proporción y el diseño para el proyecto.

5.2.3.2 Ensayo de Calicatas

Se ha elaborado el ensayo de calicatas del tramo Rioja – Posic (ver Cuadro N° 12), a cada 250 metros al costado del camino vecinal, se ha podido analizar en la clasificación de suelos, y se puede concluir que la sub-rasante en el presente camino y proyecto, está conformado mayormente por suelos arcillosos y finos con variado contenido de arenas, que tienen un comportamiento como sub-rasante de regular y alternados con sectores de suelos granulares, con un comportamiento de regular a bueno.

Se ha procedido a elaborar el ensayo para determinar el CBR de diseño mediante los resultados de las calicatas (ver Cuadro N° 13), se ha obtenido un CBR regular para dicho tramo. Logrando alcanzar los resultados del CBR de diseño de 6.93% y de esta manera fue posible la determinación de la base o afirmado (espesor 30 centímetros) según el método NAASRA.

5.2.4 Comparativos entre el Método NAASRA y los Método AASHTO e Instituto del Asfalto

Al realizar el proyecto de tesis con el método NAASRA, se ha diseñado el espesor del pavimento flexible, pero teníamos que comprobar si este método es el más adecuado para el tipo de camino en que se está

aplicando dicho método, por esta razón se ha comparado con otros dos métodos para la determinación del espesor del pavimento flexible.

Se ha comparado con el método AASHTO (ver Cuadro N° 16), y se ha concluido que no sería factible utilizarlo en caminos de bajo volumen de tránsito, ya que su uso sería adecuado en caminos con un IMD mayor a los 400 vehículos por día. Se ha logrado comparar el método NAASRA con el método AASHTO obteniendo resultados favorables al método del proyecto.

Se ha comprado con el método del Instituto del Asfalto (ver Cuadro N° 17) y también se ha obtenido resultados a favor del método NAASRA, se ha conseguido comparar estos métodos obteniendo una diferencia con respecto a la cantidad de materiales que se utilizaría en cada uno de los métodos, y de esta manera podemos afirmar que se ha logrado el objetivo esperado, el diseñar el pavimento flexible mediante el método NAASRA.

5.3 Selección de Alternativas

De conformidad al análisis y diseños realizados optamos como una alternativa válida el resultado del diseño propuesto en la Tesis realizada para que asegure la funcionabilidad del tránsito vehicular, reduciendo altos costos de transporte.

5.4 Contratación de la Hipótesis

Analizando la Hipótesis propuesta se comprueba la mejor alternativa con sus diseños respectivos y comparando los resultados con lo propuesto en ella.

Se hizo la comparación del método propuesto (NAASRA), que es un método que se usa para caminos de bajo volumen de tránsito, mas no para IMD mayores a lo establecido por las normas del MTC- Perú, como se he verificado en los resultados, se ha calculado el espesor del pavimento flexible, siendo este un tratamiento superficial (monocapa y Slurry Seal), como hemos mencionado líneas arriba, no justifica aplicar un pavimento estructural (carpeta asfáltica) porque sería un gasto inoportuno en la elaboración del diseño del pavimento del

proyecto; con el método convencional para diseño de pavimentos AASHTO que generalmente se usa para altos índices de tráfico, para este tipo no fue el método más conveniente ya que la elaboración de capa sub base y la carpeta asfáltica implican gastos inadecuados, y lo que se quiere en un proyecto es optimizar los materiales y dar una buena funcionabilidad al tránsito vehicular; pero de todas formas se hizo el diseño para luego comparar siendo los resultados favorables para el método utilizado en el proyecto.

Se comparó además con el método del Instituto del Asfalto, se ha analizado y se llegó a la conclusión que los dos últimos métodos no resultaron rentables, siendo de esta manera la aplicación del Método NAASRA, ya que por el estudio durante el proyecto hemos comprobado que es un método muy rentable y óptimo para el camino vecinal Rioja – Posic.

Del análisis técnico, se desprende que la alternativa seleccionada para el Diseño de Pavimento Flexible en la carretera Rioja – Posic, tramo km. 00+000 al Km. 6+090 utilizando el método NAASRA permite la buena funcionabilidad y rentabilidad siendo la mejor opción para el proyecto.

Al contrastar, se concluye que la Hipótesis es igual a la Hipótesis Alternativa; es decir al proponer el diseño estructural del pavimento flexible mediante el método NAASRA será igual a la teoría que sustenta este método propiamente dicho aplicando en la superficie de rodadura de la carretera Rioja – Posic.

Esto quiere decir que la hipótesis conllevará a la contribución del diseño estructural del pavimento flexible mediante el método NAASRA para una mejor superficie de rodadura en el camino vecinal Rioja – Posic.

Por lo tanto, estamos en condiciones de afirmar que el Diseño de Pavimento Flexible utilizando el método NAASRA es aplicable en la carretera Rioja – Posic, tramo km. 00+000 al Km. 6+090 por ser un Caminos de Bajo Volumen de Tránsito; lo cual **contrasta nuestra hipótesis propuesta como verdadera**, el cual la carretera presentada con el método de diseño será funcional y permitirá una adecuada transitabilidad vehicular.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

La presente propuesta de diseño de pavimento por el método NAASRA en la construcción de la carretera, cumple los principales objetivos de todo proyecto: seguridad, comodidad y economía, ya que al ser diseñado con el NAASRA se ha tenido en cuenta desde el principio los estudios básicos que han hecho posible su diseño, el cual cumple con la seguridad requerida para la construcción del camino vecinal; además como hemos comparado con otros dos métodos de diseño, se ha concluido que el método del proyecto es más económico en lo que respecta al uso de los materiales, y de un diseño cómodo y seguro para los usuarios, concluyéndose lo siguiente:

- a) Se ha concluido mediante el estudio de mecánica de suelos que la subrasante presenta un suelo inestable, teniendo así un CBR con un porcentaje bajo (6.93%), catalogándose como un suelo muy pobre; por el cual se ha aplicado un mejoramiento de suelo haciendo uso en algunos tramos críticos geomallas para la estabilización del suelo y sub drenes para evacuar las aguas subterráneas y aledañas al camino vecinal y aumentar el CBR consecuentemente el módulo de resiliencia.
- b) Se ha determinado que el tránsito vehicular en el camino vecinal Rioja – Posic es menor a 400 vehículos por día, siendo de esta manera un camino de bajo volumen de tránsito, es por ello que al calcular el Número de Repeticiones de ejes equivalentes nos resulta un valor numérico bajo, esto significa que no será necesario mayores espesores de pavimento.
- c) Se ha extraído material para afirmado o base de dos canteras diferentes y se ha determinado las características mecánicas de cada uno de ellas concluyendo que al ser mezclado entre ellos (20% de la cantera del cerro Yorongos y 80% del río Tonchima) cumple con la normatividad que rige para la construcción de carreteras.

- d) Se ha evaluado los agregados (arena de piedra chancada) extraída de la cantera del río Tonchima para aplicarse en el tratamiento superficial Slurry Seal, concluyendo que el material cumple con los requisitos granulométricos para el diseño final del pavimento.
- e) El diseño del método NAASRA cumple con las expectativas propuestas, ya que al diseñar en caminos con bajo volumen de tránsito resulta más económico con respecto a los métodos AASHTO e Instituto del Asfalto, en todos los métodos se ha determinado los espesores totales del pavimento, comparando de esta manera con cada uno de ellos concluyendo que la mejor alternativa es el NAASRA.

6.2 Recomendaciones

- a) Realizar propuestas con este método para así poder utilizar en distintas calles de la Provincia de San Martín, donde el IMD sea menor a 400 vehículos por día; además proponer y hacer un estudio para su utilización en diferentes partes de nuestra región y de esta manera contribuir al buen manejo de nuestros recursos sin alterar nuestro medio ambiente y nuestro medio en que vivimos.
- b) El método NAASRA, en caminos de bajo volumen de tránsito es el más económico de alta performance en la operación vehicular.
- c) Implementar un plan de mantenimiento de la infraestructura vial dándole énfasis al sistema de drenaje, puesto que el agua es el mayor causante de daños en la subrasante.
- d) Implementar un plan de manejo ambiental durante la operación del camino vecinal del proyecto.

VII. BIBLIOGRAFIA

7.1 Referencia Bibliográfica

ALVA HURTADO, Jorge E., Mecánica de Suelos. Editorial Centro de Estudiantes de Ingeniería Civil – UNI, Primera Edición, Lima – Perú.

AUSTROADS (1997), “APRG Report No. 18, Selection and Design of Asphalt Mixes”, Australian Provisional Guide, Austroads 1997, Sydney-Australia.

BARRY B AUSTIN. F.S.C, Biblioteca Internacional del Ingeniero Civil Tomo IV Topografía, Volumen 7, Ediciones Ciencia y Técnica sa, primera edición, 1989, México DF.

COMITE PERUANO DE MECANICA DE SUELOS, FUNDACIONES Y MECANICA DE ROCAS, VI Congreso Nacional de Suelos E Ingeniería de Cimentaciones (Ponencias). Lima – Perú, 1991.

CÁRDENAS GRISALES, James. Diseño Geométrico de Carreteras. Primera Edición, Bogotá – Colombia, octubre del 2002.

CRESPO VILLALAZ, CARLOS ING., Caminos, Ferrocarriles, Aeropuertos, puentes y Puertos, Editorial Limusa, 1996, Tercera Edición, México.

DIRECCION DE CAMINOS. Especificación para Construcción de Puentes y Carreteras. Lima – Perú. 1963.

DURÁN ORTIZ, MARIO ROBERTO, Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito, SIECA, Primera Edición, Diciembre 2000, Ciudad Guatemala, Guatemala, Diciembre 2000.

DURÁN ORTIZ, MARIO ROBERTO, Manual Centroamericano De Normas Para El Diseño Geométrico De Las Carreteras Regionales, SIECA, Primera Edición, Diciembre 2001, Ciudad Guatemala, Guatemala.

EDICIONES CIENCIAS, El arte del trazado de Carreteras, Lima – Perú, Editorial “Ciencias” S.R.L. segunda edición, 1996.

EDICIONES UNIVERSITARIAS, Tecnología del Concreto, Editorial San Marcos, tercera edición, Lima – Perú, 1996.

FREDERICK S., MERRITT, M, KENT, LOFTIN, T. RICKETTS, JONATHAN, Manual de Ingeniero Civil, Editorial, McGraw – Hill latinoamericana, 4ta Edición. México 1999.

FREDERICK S., MERRITT, Manual del Ingeniero Civil, Editorial Mc Graw Hill, 3ra Edición. México, 1992.

GOBIERNO REGIONAL DE SAN MARTÍN, Plan Vial Participativo Departamental de San Martin, Moyobamba, 2004.

GUERRA BUSTAMANTE, C., Carreteras, Ferrocarriles, Canales, Localización y Diseño Geométrico, Editorial América, Tercera Edición, Lima-Perú, Febrero 1997

HERNÁNDEZ SANTILLANA, SONIA KARINA, Guía Básica Para El Control De Calidad En Recarpeteos Con Mezclas Asfálticas En Caliente. Tesis, Universidad Nacional de El Salvador, 2005, El Salvador.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA, Censos Nacionales 1,993 IX de Población IV de Vivienda Perfil Socio Demográfico N° 21, 2007, Lima Perú.

MARTÍNEZ, ALBERTO, Geología y Geotécnica de Moyobamba y Alrededores (Después del Terremoto del 19-6-68. UNI – FIC- Laboratorio De Geología, 1996.

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, Manual de Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Transito, N° 305-2008-MTC/02, segunda edición, Lima – Perú, Abril 2008.

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, Manual de Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Transito, N° 303-2008-MTC/02, primera edición, Lima – Perú, Abril 2008.

GUERRA GONZÁLEZ, FREDER ALBERTO, Estudio a nivel de construcción de la carretera Huancabamba-Tuluce, tramo: Guardalapa-Tuluce; Trujillo-2002.

JUÁREZ BADILLO; Mecánica de Suelos Tomos I, II, III; Juárez Badillo; Editorial Limusa, primera edición, México 1986.

NORMAS PERUANAS PARA EL DISEÑO DE CARRETERAS, Editorial Ciencias, 1994 Lima Perú.

MANUAL DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS DG 2001, Dirección General de Caminos Ministerio de Transportes y Comunicaciones -2001

MANUAL DE DISPOSITIVOS DE CONTROL DEL TRÁNSITO AUTOMOTOR EN CALLES Y CARRETERAS, -Ministerio de Transportes y Comunicaciones-2000

MONTEJO FONSECA ALFONSO, Ingeniería de Pavimentos para carreteras, 2ª edición, Infraestructura Vial, Vol 19 (#18), 39-43. 2007, Colombia

SÁNCHEZ ZEVALLOS, PABLO, Manual Silvo Agropecuario; Tomo X; Selección y Uso de Materiales de Construcción, Editorial PADT – Rural, 1987, primera edición, Lima – Perú.

VILLÓN B. MÁXIMO, Hidráulica de Canales Instituto Tecnológico de Costa Rica, Editorial Tecnológica de Costa Rica, segunda edición, 1995, Costa Rica.

WRIGHT PAÚL H. Y PAQUETTE RADNOR J. ingeniería de Carreteras, Editorial Limusa, 5a. Edición, 1993, México.

7.2 Linkografía

- <http://es.scribd.com/doc/73294210/Diseno-Carretera-Chachapoyas-GEOMASTER-Nobre-2010>
- <http://ofi.mef.gob.pe/PIPMenor2009/ReportePIPMenor.aspx?Codigo=168380&version=1&usuario=>
- <http://tech.groups.yahoo.com/group/Camineros/message/1753>
- materiales.wikispaces.com/file/view/Módulo+de+elasticidad.doc
- http://www.mtc.gob.pe/portal/transportes/caminos_ferro/manual/em-2000/seccion-01/mtc119.pdf
- http://es.wikipedia.org/wiki/Coeficiente_de_Poisson
- <http://www.instron.com.ar/wa/glossary/Poisson's-Ratio.aspx>
- <http://www.camineros.com/docs/cam027.pdf>
- [http://es.wikipedia.org/wiki/Resiliencia_\(ingenier%C3%ADa\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Resiliencia_(ingenier%C3%ADa))

- <http://www.scielo.cl/pdf/ingeniare/v16n3/art09.pdf>
- http://copernico.escuelaing.edu.co/vias/pagina_via/pag_glosario/Glosario/M.pdf
- <http://es.scribd.com/doc/135608774/11-0-Afirmados-pdf>
- <http://www.ingenierocivilinfo.com/2011/09/modulo-de-resiliencia-pavimentos-de.html>
- <http://noemagico.blogia.com/2006/091301-la-investigacion-descriptiva.php>
- http://www.repsol.com/pe_es/productos_y_servicios/productos/peasfaltos/productos/easfalticas/
- <http://www.emulsin.com.mx/emulsiones-asfalticas-cationicas.html>
- www.indeci.gob.pe
- <http://www.ozroads.com.au/NationalSystem/naasra.htm>

VIII. ANEXOS

n

ANEXO N° 1: Resultado de los Ensayos de Mecánica de Suelos y Diseño del Pavimento

8.1.1 CANTERA CERRO YORONGOS.

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

OBRA : "MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL SM-502, TRAMO: EMP. PE-NS (DIV. RIOJA) - POSIC, PROVINCIA DE RIOJA - SAN MARTIN."

UBICACIÓN : POSIC, PROVINCIA DE RIOJA - SAN MARTIN.

SOLICITA : CONSORCIO SAN MARTIN

FECHA MUESTREO : 16/04/2013 TEC: J. GARCIA P.

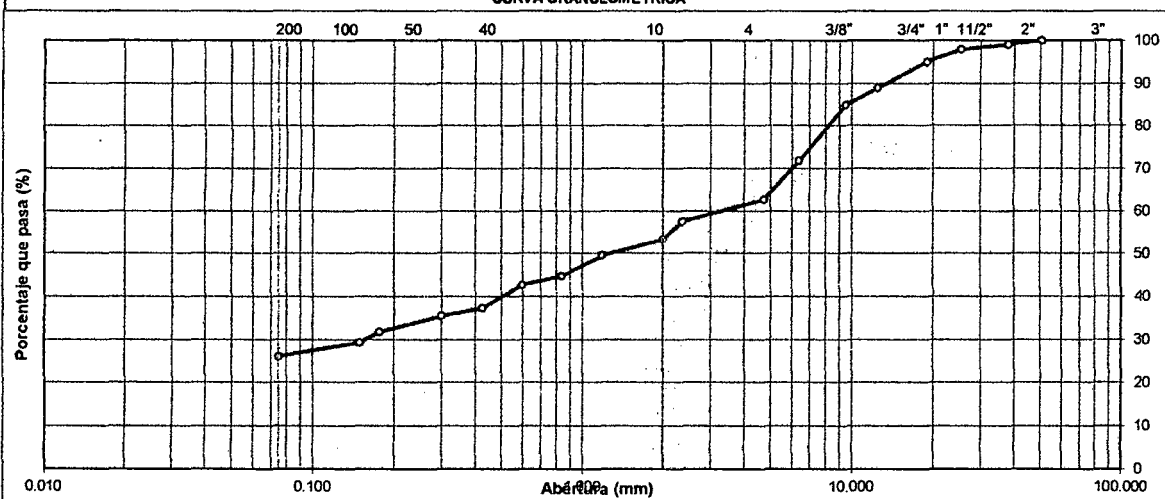
FECHA ENSAYO : 17/04/2013

CANTERA : CERRO YORONGOS - PROPIEDAD DE LA MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE YORONGOS

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
NORMA ASTM-D-422

Peso inicial seco : 11200.5 g
 Fraccion <N°4 : 1572.2 g

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIFICACION GRADACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200						Peso Piedra : 4161
2 1/2"	63.500						Peso arena : 7040
2"	50.800				100.0		Peso inicial : 11201
1 1/2"	38.100	101.4	0.9	0.9	99.1		PORCENTAJE GRAVA : 37.2
1"	25.400	137.3	1.2	2.1	97.9		PORCENTAJE ARENA : 62.8
3/4"	19.000	319.4	2.9	5.0	95.0		
1/2"	12.700	686.9	6.1	11.1	88.9		
3/8"	9.500	434.7	3.9	15.0	85.0		CONSTANTES FISICAS
1/4"	6.350	1478.1	13.2	28.2	71.8		L.L. : 20.6
N° 4	4.750	1002.8	9.0	37.2	62.8		L.P. : 11.7
N° 8	2.360	129.5	5.2	42.4	57.6		I.P. : 8.9
N° 10	2.000	105.3	4.2	46.6	53.4		CLASIFICACION
N° 16	1.190	95.3	3.8	50.4	49.6		
N° 20	0.840	120.7	4.8	55.2	44.8		SUCS : SC
N° 30	0.600	52.7	2.1	57.3	42.7		AASHTO : A-2-4(0)
N° 40	0.425	135.6	5.4	62.7	37.3		
N° 50	0.300	45.5	1.8	64.5	35.5		OBSERVACIONES
N° 60	0.240	27.3	1.1	65.6	34.4		
N° 80	0.177	64.9	2.6	68.2	31.8		
N° 100	0.150	61.9	2.5	70.7	29.3		
N° 200	0.075	79.7	3.2	73.9	26.1		
< N° 200	FONDO	307.6	12.3	86.2			
				HUMEDAD NATURAL	22.23 %		

CURVA GRANULOMETRICA

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

OBRA : "MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL 6M-502, TRAMO: EMP. PE-N5 (DIV. RIOJA) - POSIC, PROVINCIA DE RIOJA - SAN MARTIN."
 UBICACIÓN : POSIC, PROVINCIA DE RIOJA - SAN MARTIN.
 SOLICITA : CONSORCIO SAN MARTIN
 FECHA MUESTREO : 16/04/2013
 FECHA ENSAYO : 17/04/2013 TEC: J. GARCIA P.
 CANTERA : CERRO YORONGOS - PROPIEDAD DE LA MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE YORONGOS

(LIMITES DE ATTERBERG)
 NORMA ASTM-D-4318

LIMITE LIQUIDO

MUESTRA					
RECIPIENTE N°	05	16	15		
R + S HUMEDO	45.94	48.92	50.86		
R + S SECO	43.20	44.20	44.50		
PESO - AGUA	2.74	4.72	6.36		
PESO RECIPIENTE	19.60	20.10	20.60		
PESO - S.SECO	23.60	24.10	23.90		
% DE HUMEDAD	11.61	19.59	26.61		
N° DE GOLPES	34	26	19		

LIMITE PLASTICO

MUESTRA					
RECIPIENTE N°	15	13			
R + S HUMEDO	10.35	11.02			
R + S SECO	10.10	10.20			
PESO - AGUA	0.25	0.82			
PESO - RECIPIENTE	5.2	5.7			
PESO - S.SECO	4.90	4.50			
% DE HUMEDAD	5.10	18.22	11.7		

RESULTADOS

L.L.

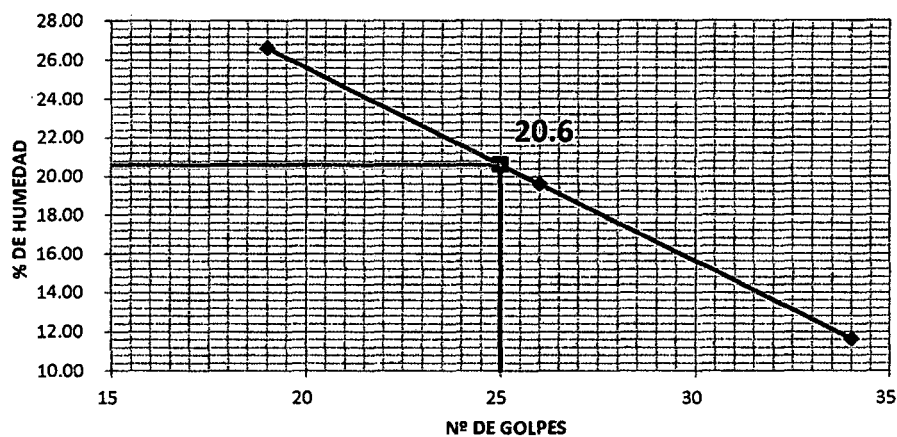
20.6

L.P.

11.7

I.P.

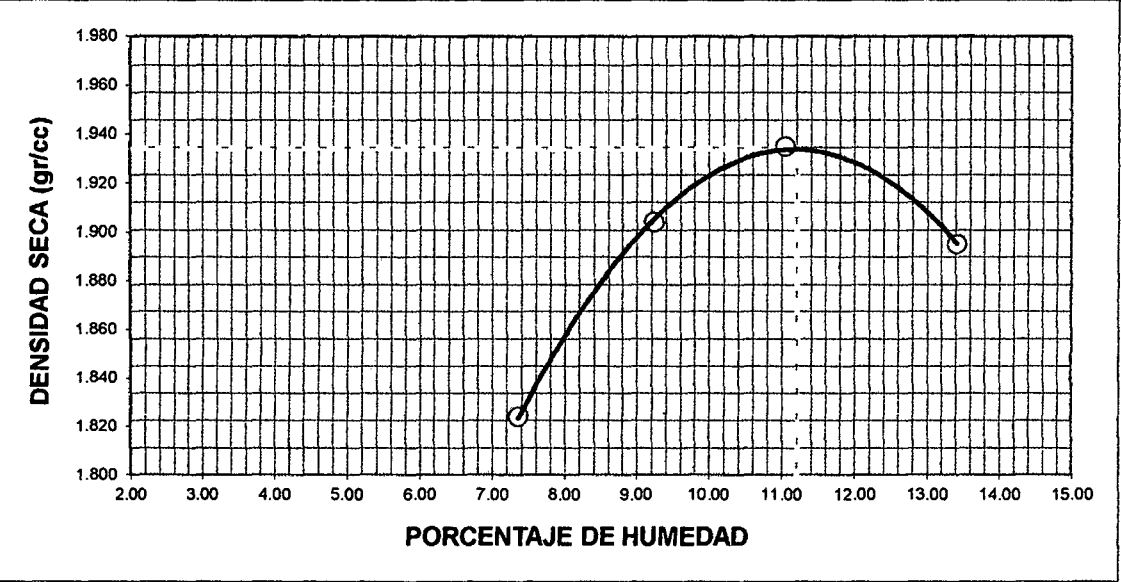
8.9



LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
OBRA	:	"MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL SM-502, TRAMO: EMP. PE-N5 (DIV. RIOJA) - POSIC, PROVINCIA DE RIOJA - SAN MARTIN."	
UBICACIÓN	:	POSIC, PROVINCIA DE RIOJA - SAN MARTIN.	
SOLICITA	:	CONSORCIO SAN MARTIN	
FECHA MUESTREO	:	16/04/2013	
FECHA ENSAYO	:	17/04/2013	TEC: J. GARCIA P.

PROCTOR MODIFICADO
NORMA AASHTO T-180

METODO DE COMPACTACION :	"C"			
VOLUMEN DEL MOLDE	2105		4200	MOLDE NRO. 1
PESO SUELO+MOLDE	8322	8578	8723	8724
PESO DEL MOLDE	4200	4200	4200	4200
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	4122	4378	4523	4524
DENSIDAD HUMEDA	1.96	2.08	2.15	2.15
CAPSULA NRO.	14	16	21	20
PESO DE LA CAPSULA	19.62	20.57	21.10	19.84
PESO SUELO HUMEDO +CAPSULA	80.16	113.26	146.22	160.98
PESO SUELO SECO+CAPSULA	76.01	105.42	133.77	144.28
PESO DE AGUA	4.15	7.84	12.45	16.70
PESO DEL SUELO SECO	56.39	84.85	112.67	124.44
CONTENIDO HUMEDAD	7.36	9.24	11.05	13.42
DENSIDAD SECA	1.824	1.904	1.935	1.895



MAXIMA DENSIDAD SECA	1.934	gr/cc.
HUMEDAD OPTIMA	11.21	%

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	
OBRA	: "MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL SM-502, TRAMO: EMP. PE-N5 (DIV. RIOJA) - POSIC, PROVINCIA DE RIOJA - SAN MARTIN."
UBICACIÓN	: POSIC, PROVINCIA DE RIOJA - SAN MARTIN.
SOLICITA	: CONSORCIO SAN MARTIN
FECHA MUESTREO	: 16/04/2013
FECHA ENSAYO	: 20/04/2013
TEC:	J. GARCIA P.

ENSAYO CBR
(NORMA AASHTO T-193, ASTM D 1883)

MOLDE Nro.	1		2		3	
Nro. GOLPES POR CAPA	56		25		12	
COND. DE LA MUESTRA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA
Peso molde + suelo humedo	10216		9740		9399	
Peso del Molde	5360		5210		5160	
Peso del Suelo humedo	4856		4530		4239	
Volumen del Suelo	2250		2160		2090	
Densidad humeda	2.158		2.097		2.028	
% de humedad	11.5		11.9		11.6	
Densidad seca	1.935		1.875		1.817	
Tara Nro.						
Suelo humedo	301.08		344.37		381.15	
Suelo seco	269.93		307.83		341.41	
Peso del agua	31.15		36.54		39.74	
Peso del suelo seco	269.93		307.83		341.41	
% de humedad	11.54		11.87		11.64	
Promedio de humedad	11.5		11.9		11.6	

FECHA	HORA	TIEMPO HRS.	LECTURA	EXPANSION		LECTURA	EXPANSION		LECTURA	EXPANSION	
			DIAL	mm.	%	DIAL	mm.	%	DIAL	mm.	%

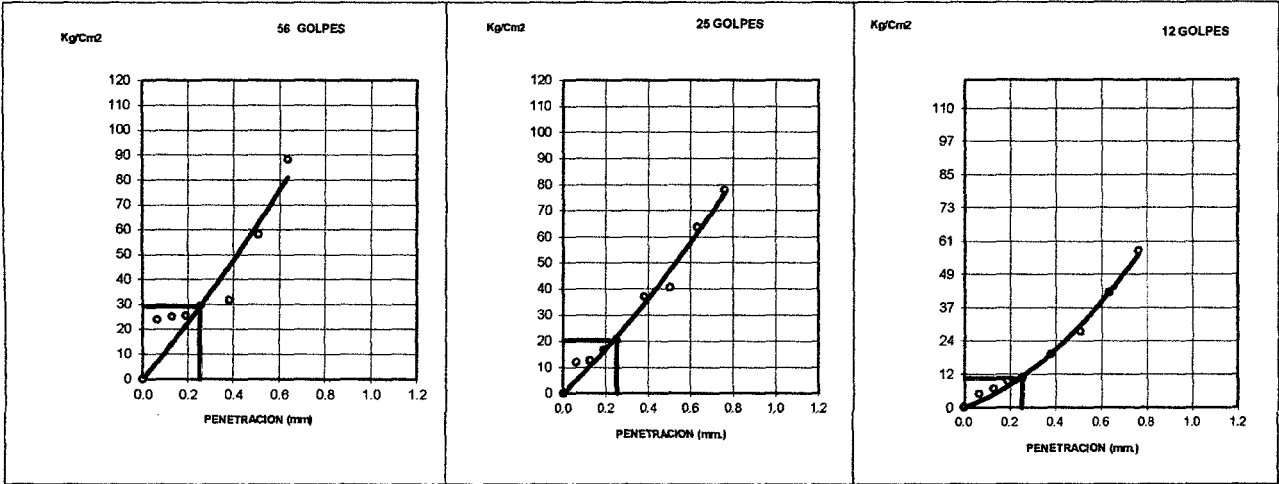
NO EXPANSIVO

PENETRACION			MOLDE Nro: 1			MOLDE Nro: 2			MOLDE Nro: 3		
			LECTURA	CORRECCION		LECTURA	CORRECCION		LECTURA	CORRECCION	
TIEMPO	mm.	pulg.	DIAL	Kgs	Kgs/Cm2	DIAL	Kgs	Kgs/Cm2	DIAL	Kgs	Kgs/Cm2
0.00	0.000	0.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.30	0.064	0.025	187	483	24	96	245	12	41	101	5
1.00	0.127	0.050	197	509	25	101	258	13	56	140	7
1.30	0.191	0.075	201	520	25	133	342	17	76	193	9
2.00	0.254	0.100	233	602	29	163	420	21	88	224	11
3.00	0.381	0.150	249	645	32	291	755	37	154	397	19
4.00	0.508	0.200	456	1187	58	319	828	41	219	567	28
5.00	0.635	0.250	691	1802	88	500	1302	64	331	860	42
6.00	0.762	0.300		45	9	609	1587	78	451	1174	57
8.00	1.016	0.400		45	9		45	9		45	9

OBSERVACIONES:

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	
OBRA	: "MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL SM-502, TRAMO: EMP. PE-N5 (DIV. RIOJA) -
UBICACIÓN	: POSIC, PROVINCIA DE RIOJA - SAN MARTIN."
SOLICITA	: POSIC, PROVINCIA DE RIOJA - SAN MARTIN.
FECHA MUESTREO:	CONSORCIO SAN MARTIN
FECHA ENSAYO	: 16/04/2013
CANTERA	: 20/04/2013
TEC: J. GARCIA P.	

GRAFICO PENETRACION DE CBR

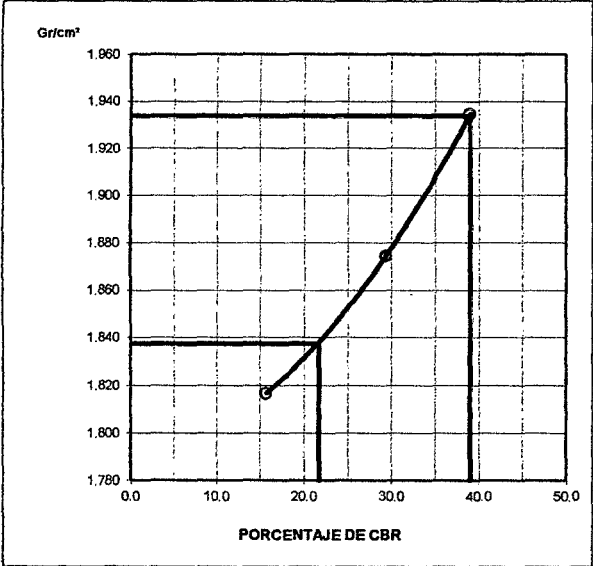


MDS (Gr/cc)= 1.935
0.1"(%)= 39.0

MDS (Gr/cc)= 1.875
0.1"(%)= 29.4

MDS (Gr/cc)= 1.817
0.1"(%)= 15.7

DETERMINACION DE CBR



Datos de Proctor:		
MDS PROCTOR	1.934	gr/cc.
OPTIMO DE HUMEDAD	11.21	%
CLASIFICACION	SUCS	SM
	AASHTO	A-1-b (0)

CBR AL 100 %	39.0	%
CBR AL 95 %	21.7	%

OBSERVACIONES:

8.1.2 CANTERA CERRO YORONGOS Y RÍO TONCHIMA (MEZCLA 40% Y 60% RESPECTIVAMENTE).

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

OBRA : "MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL SM-502, TRAMO: EMP. PE-N5 (DIV. RIOJA) - POSIC, PROVINCIA DE RIOJA - SAN MARTIN."
 UBICACIÓN : POSIC, PROVINCIA DE RIOJA - SAN MARTIN.
 SOLICITA : CONSORCIO SAN MARTIN
 FECHA MUESTREO : 08/05/2013
 FECHA ENSAYO : 09/05/2013
 CANTERA : MEZCLA RIO TONCHIMA 60% - 40% CANTERA DE CERRO YORONGOS - PROPIEDAD DE LA MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE YORONGOS

TEC. : J. GARCIA P.

**(LÍMITES DE ATTERBERG)
NORMA ASTM-D-4318**

LÍMITE LÍQUIDO

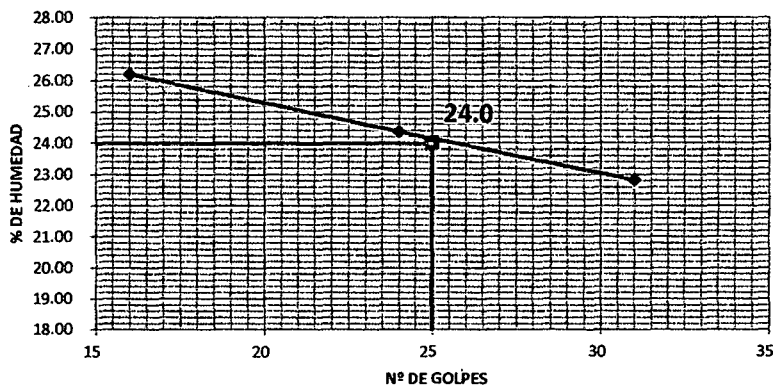
MUESTRA					
RECIPIENTE N°	02	05	11		
R + S HUMEDO	82.05	87.25	85.40		
R + S SECO	72.70	77.70	76.50		
PESO - AGUA	9.35	9.55	8.90		
PESO RECIPIENTE	37.00	38.50	37.50		
PESO - S. SECO	35.70	39.20	39.00		
% DE HUMEDAD	26.19	24.36	22.82		
N° DE GOLPES	16	24	31		

LÍMITE PLÁSTICO

MUESTRA					
RECIPIENTE N°	34	40			
R + S HUMEDO	33.30	32.70			
R + S SECO	30.80	30.30			
PESO - AGUA	2.50	2.40			
PESO - RECIPIENTE	17.0	17.1			
PESO - S. SECO	13.80	13.20			
% DE HUMEDAD	18.12	18.18	18.1		

RESULTADOS

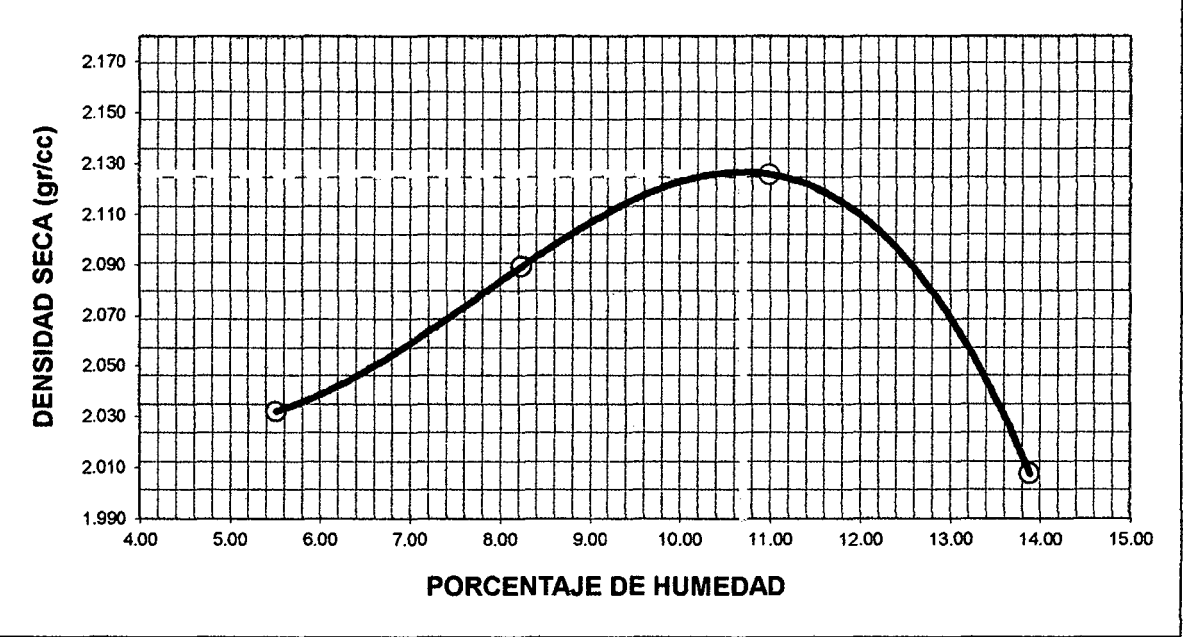
L.L.
24.0
L.P.
18.1
I.P.
6.9



LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
OBRA	:	"MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL SM-502, TRAMO: EMP. PE-N5 (DIV. RIOJA) - POSIC, PROVINCIA DE RIOJA - SAN MARTIN."	
UBICACIÓN	:	POSIC, PROVINCIA DE RIOJA - SAN MARTIN.	
SOLICITA	:	CONSORCIO SAN MARTIN	
FECHA MUESTREO	:	23/05/2013	
FECHA ENSAYO	:	24/05/2013	TEC: J. GARCIA P.

PROCTOR MODIFICADO
NORMA AASHTO T-180

METODO DE COMPACTACION :				
VOLUMEN DEL MOLDE	2109	2805	MOLDE NRO.	1
PESO SUELO+MOLDE	7327	7575	7781	7627
PESO DEL MOLDE	2805	2805	2805	2805
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	4522	4770	4976	4822
DENSIDAD HUMEDA	2.14	2.26	2.36	2.29
CAPSULA NRO.	9	12	4	1
PESO DE LA CAPSULA	38.70	38.50	38.40	38.30
PESO SUELO HUMEDO +CAPSULA	136.30	108.10	108.20	99.80
PESO SUELO SECO+CAPSULA	131.20	102.80	101.29	92.30
PESO DE AGUA	5.10	5.30	6.91	7.50
PESO DEL SUELO SECO	92.50	64.30	62.89	54.00
CONTENIDO HUMEDAD	5.51	8.24	10.99	13.89
DENSIDAD SECA	2.032	2.090	2.126	2.008



MAXIMA DENSIDAD SECA	2.126	gr/cc.
HUMEDAD OPTIMA	10.70	%

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	
OBRA	: "MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL SM-502, TRAMO: EMP. PE-N5 (DIV. RIOJA) - POSIC, PROVINCIA DE RIOJA - SAN MARTIN."
UBICACIÓN	: POSIC, PROVINCIA DE RIOJA - SAN MARTIN.
SOLICITA	: CONSORCIO SAN MARTIN
FECHA MUESTREO	: 23/05/2013
FECHA ENSAYO	: 28/05/2013
TEC:	J. GARCIA P.

ENSAYO CBR							
(NORMA AASHTO T-193, ASTM D 1883)							
MOLDE Nro.	1		2		3		
Nro. GOLPES POR CAPA	56		25		12		
COND. DE LA MUESTRA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA	
Peso molde + suelo humedo	10078		9369		9643		
Peso del Molde	4972		4690		5094		
Peso del Suelo humedo	5106		4679		4549		
Volumen del Suelo	2170		2170		2188		
Densidad humeda	2.353		2.156		2.079		
% de humedad	10.7		8.3		8.1		
Densidad seca	2.126		1.992		1.924		
Tara Nro.	1	38.3	10	37.7	12	38.5	
Tara + suelo humedo	113.45		95.30		108.20		
Tara + suelo seco	106.20		90.90		103.00		
Peso del agua	7.25		4.40		5.20		
Peso del suelo seco	67.90		53.20		64.50		
% de humedad	10.68		8.27		8.06		
Promedio de humedad	10.7		8.3		8.1		

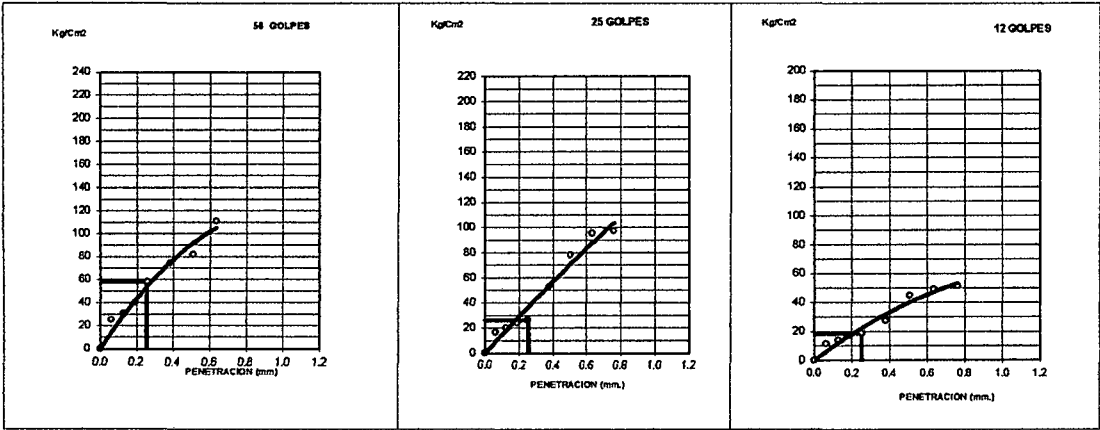
FECHA	HORA	TIEMPO HRS.	LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION	
				mm.	%		mm.	%		mm.	%

PENETRACION											
PENETRACION			MOLDE Nro: 1			MOLDE Nro: 2			MOLDE Nro: 3		
			LECTURA DIAL	CORRECCION		LECTURA DIAL	CORRECCION		LECTURA DIAL	CORF	
TIEMPO	mm.	pulg.		Kgs	Kgs/Cm2		Kgs	Kgs/Cm2		Kgs	Kgs/Cm2
0.00	0.000	0.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.30	0.064	0.025	195	504	25	132	339	17	91	232	11
1.00	0.127	0.050	241	624	31	159	410	20	110	281	14
1.30	0.191	0.075	315	818	40	191	493	24	138	355	17
2.00	0.254	0.100	457	1190	58	208	538	26	149	384	19
3.00	0.381	0.150	582	1517	74	415	1080	53	216	559	27
4.00	0.508	0.200	642	1674	82	613	1598	78	352	914	45
5.00	0.635	0.250	866	2280	111	745	1943	95	383	997	49
6.00	0.762	0.300	1400	3657	179	761	1985	97	404	1052	51
8.00	1.016	0.400		-5	0		-5	0		-5	0

OBSERVACIONES:	LA BALANZA SE CALIBRO A CER0.
----------------	-------------------------------

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	
OBRA	: "MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL SM-502, TRAMO: EMP. PE-N5 (DIV. RIOJA) -
	: POSIC, PROVINCIA DE RIOJA - SAN MARTIN."
UBICACIÓN	: POSIC, PROVINCIA DE RIOJA - SAN MARTIN.
SOLICITA	: CONSORCIO SAN MARTIN
FECHA MUESTREO	: 23/05/2013
FECHA ENSAYO	: 28/05/2013
TEC:	J. GARCIA P.

GRAFICO PENETRACION DE CBR

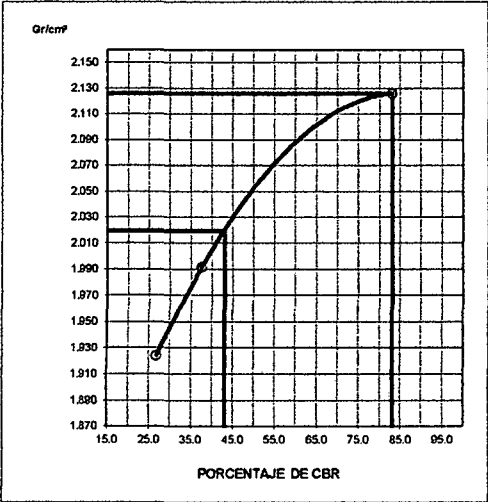


MDS (Gr/cc)= 2.126
0.1"(%)= 83.2

MDS (Gr/cc)= 1.892
0.1"(%)= 37.6

MDS (Gr/cc)= 1.824
0.1"(%)= 26.8

DETERMINACION DE CBR



Datos de Proctor:		
MDS PROCTOR	2.126	gr/cc.
OPTIMO DE HUMEDAD	10.70	%
CLASIFICACION	SUCS	GM-GC
	AASHTO	A-1-a (0)

CBR AL 100 %	83.2	%
CBR AL 95 %	43.2	%

OBSERVACIONES:

8.1.3 CANTERA CERRO YORONGOS Y RÍO TONCHIMA (MEZCLA 20% Y 80% RESPECTIVAMENTE).

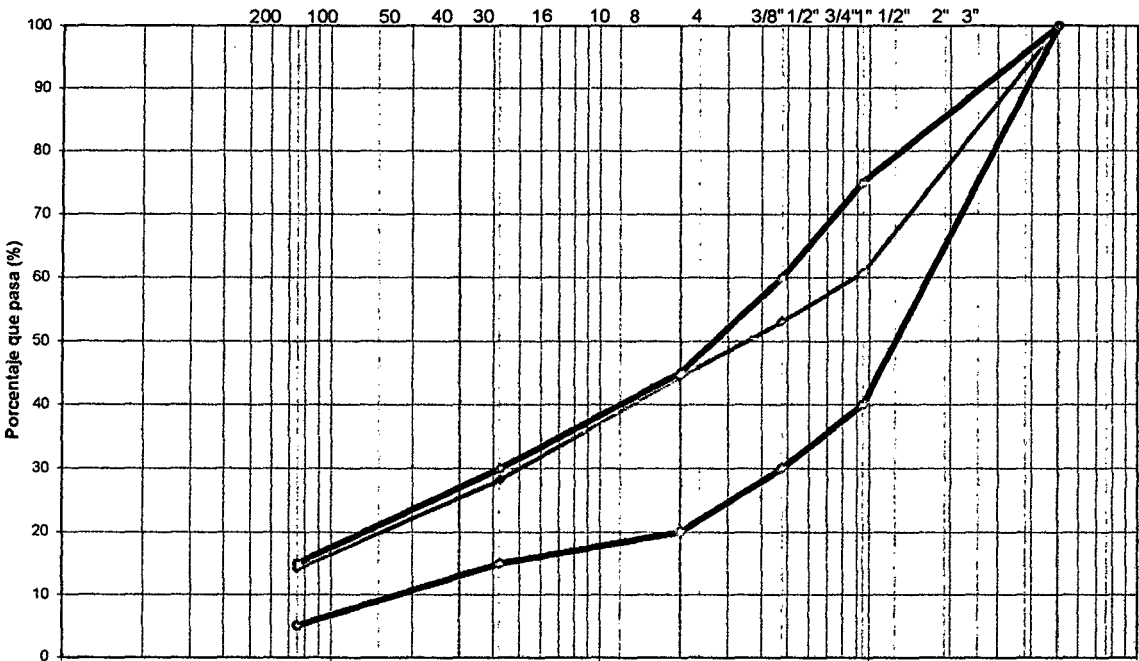
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
OBRA	: "MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL SM-502, TRAMO: EMP. PE-N5 (DIV. RIOJA) - POSIC, PROVINCIA DE RIOJA - SAN MARTIN."		
UBICACIÓN	: POSIC, PROVINCIA DE RIOJA - SAN MARTIN.		
SOLICITA	: CONSORCIO SAN MARTIN		
FECHA MUESTREO	: 06/06/2013		
FECHA ENSAYO	: 07/06/2013		
CANTERA	: MEZCLA RIO TONCHIMA 80% - 20% CANTERA DE CERRO YORONGOS - PROPIEDAD DE LA MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE YORONGOS		
TEC:		J. GARCIA P.	

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

NORMA ASTM-D-422

Peso inicial seco	:	10,623.8 g
Fraccion <N°4	:	1,015.1 g

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	% RETENIDO GLOBAL	ESPECIFICAC GRADACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA	
10"	254.000								
8"	228.600								
7"	203.200								
6"	152.400								
5"	127.000								
4"	101.600								
3"	76.200								
2 1/2"	63.500								
2"	50.800				100.0		100		
1 1/2"	38.100	1,572.1	14.8	14.8	85.2				
1"	25.400	1,315.5	12.4	27.2	72.8		85 95	PORCENTAJE GRAVA	47.0
3/4"	19.000	430.0	4.0	31.2	68.8			PORCENTAJE ARENA	53.0
1/2"	12.500	634.4	6.0	37.2	62.8				
3/8"	9.500	222.6	2.1	39.3	60.7		40 75		
1/4"	6.350	501.5	4.7	44.0	56.0				
N° 4	4.750	312.8	2.9	47.0	53.0		30 60		
N° 8	2.360	701.8	6.6	53.6	46.4				
N° 10	2.000	210.0	2.0	55.5	44.5		20 45		
N° 16	1.190	235.8	2.2	57.8	42.2				
N° 20	0.840	279.9	2.6	60.4	39.6				
N° 30	0.600	576.1	5.4	65.8	34.2				
N° 40	0.425	638.6	6.0	71.8	28.2		15 30		
N° 50	0.300	328.2	3.1	74.9	25.1				
N° 60	0.240	53.8	0.5	72.3	27.7				
N° 80	0.250	543.4	5.1	80.0	20.0				
N° 100	0.150	246.9	2.3	82.4	17.6				
N° 200	0.075	368.0	3.5	85.8	14.2		6 15		
< N° 200	Fondo	1,451.4	13.7	99.5					
TOTAL		10,623.8	HUMEDAD NATURAL		7.00 %				



LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

OBRA : "MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL 6M-502, TRAMO: EMP. PE-N5 (DIV. RIOJA) - POSIC, PROVINCIA DE RIOJA - SAN MARTIN."
UBICACIÓN : POSIC, PROVINCIA DE RIOJA - SAN MARTIN.
SOLICITA : CONSORCIO SAN MARTIN
FECHA MUESTREO : 06/06/2013
FECHA ENSAYO : 07/06/2013 **TEC.** : J. GARCIA P.
CANtera : MEZCLA RIO TONCHIMA 80% - 20% CANtera DE CERRO YORONGOS - PROPIEDAD DE LA MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE YORONGOS

(LIMITE DE ATTERBERG)
NORMA ASTM-D-4318

LIMITE LIQUIDO

MUESTRA	09	12	02		
RECIPIENTE N°					
R + S HUMEDO	89.70	85.00	89.40		
R + S SECO	80.40	76.70	80.20		
PESO - AGUA	9.30	8.30	9.20		
PESO RECIPIENTE	38.70	38.50	37.00		
PESO - S.SECO	41.70	38.20	43.20		
% DE HUMEDAD	22.30	21.73	21.30		
N° DE GOLPES	16	26	32		

LIMITE PLASTICO

MUESTRA	41	40			
RECIPIENTE N°					
R + S HUMEDO	31.50	31.60			
R + S SECO	29.40	29.60			
PESO - AGUA	2.10	2.00			
PESO - RECIPIENTE	16.4	17.1			
PESO - S.SECO	13.00	12.50			
% DE HUMEDAD	16.15	16.00	16.1		

RESULTADOS

L.L.

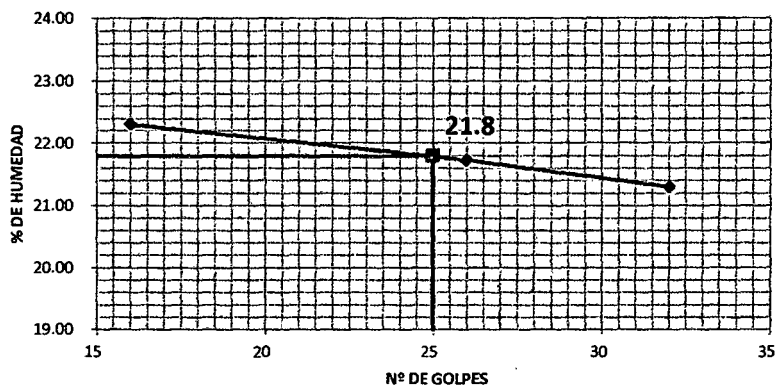
21.8

L.P.

16.1

I.P.

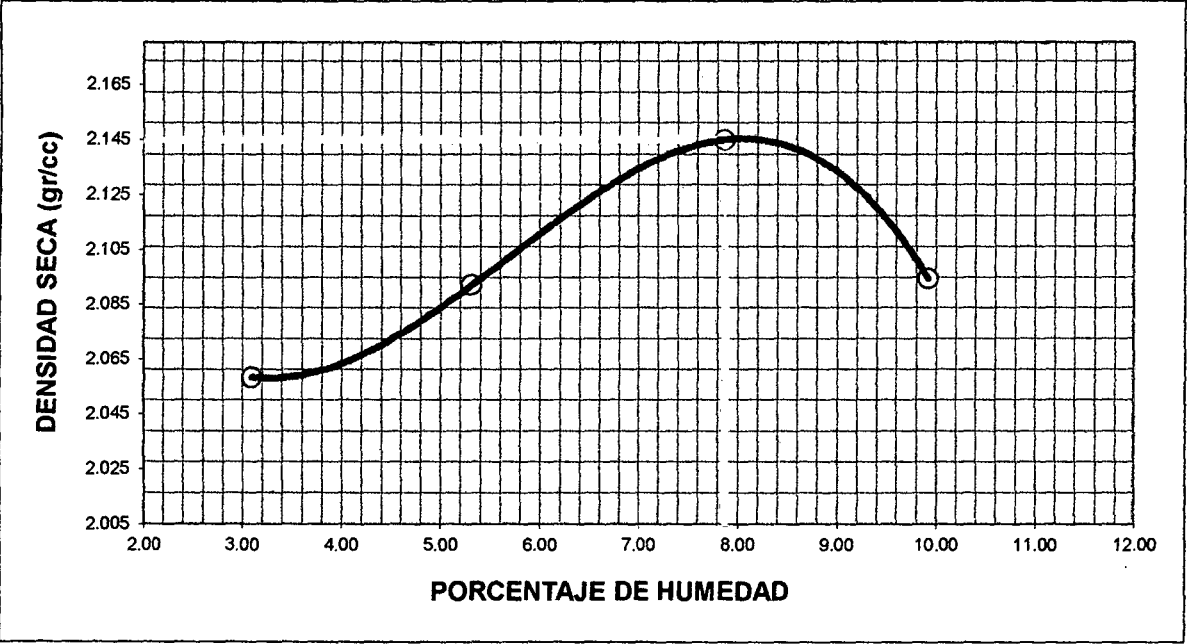
6.7



LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
OBRA	:	"MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL SM-502, TRAMO: EMP. PE-N5 (DIV. RIOJA) - POSIC, PROVINCIA DE RIOJA - SAN MARTIN."	
UBICACIÓN	:	POSIC, PROVINCIA DE RIOJA - SAN MARTIN.	
SOLICITA	:	CONSORCIO SAN MARTIN	
FECHA MUESTREO	:	06/06/2013	
FECHA ENSAYO	:	07/06/2013	TEC: J. GARCIA P.

PROCTOR MODIFICADO
NORMA AASHTO T-180

METODO DE COMPACTACION :				
VOLUMEN DEL MOLDE	2109		2805	MOLDE NRO. 1
PESO SUELO+MOLDE	7280	7451	7684	7660
PESO DEL MOLDE	2805	2805	2805	2805
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	4475	4646	4879	4855
DENSIDAD HUMEDA	2.12	2.20	2.31	2.30
CAPSULA NRO.	3	1	9	12
PESO DE LA CAPSULA	35.00	38.30	38.70	38.40
PESO SUELO HUMEDO +CAPSULA	115.00	131.50	105.90	107.87
PESO SUELO SECO+CAPSULA	112.60	126.80	101.00	101.60
PESO DE AGUA	2.40	4.70	4.90	6.27
PESO DEL SUELO SECO	77.60	88.50	62.30	63.20
CONTENIDO HUMEDAD	3.09	5.31	7.87	9.92
DENSIDAD SECA	2.058	2.092	2.145	2.094



MAXIMA DENSIDAD SECA	2.145	gr/cc.
HUMEDAD OPTIMA	7.87	%

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	
OBRA	: "MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL SM-502, TRAMO: EMP. PE-N5 (DIV. RIOJA) - POSIC, PROVINCIA DE RIOJA - SAN MARTIN."
UBICACIÓN	: POSIC, PROVINCIA DE RIOJA - SAN MARTIN.
SOLICITA	: CONSORCIO SAN MARTIN
FECHA MUESTREO	: 06/06/2013
FECHA ENSAYO	: 10/06/2013
TEC:	J. GARCIA P.

ENSAYO CBR							
(NORMA AASHTO T-193, ASTM D 1883)							
MOLDE Nro.	1		2		3		
Nro. GOLPES POR CAPA	56		25		12		
COND. DE LA MUESTRA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA	
Peso molde + suelo humedo	9984		9423		9696		
Peso del Molde	4946		4690		5094		
Peso del Suelo humedo	5038		4733		4602		
Volumen del Suelo	2170		2170		2188		
Densidad humeda	2.322		2.181		2.103		
% de humedad	8.3		7.2		7.6		
Densidad seca	2.145		2.034		1.954		
Tara Nro.	3	35	1	38.3	4	38.4	
Tara + suelo humedo	100.60		109.60		94.90		
Tara + suelo seco	95.60		104.80		90.90		
Peso del agua	5.00		4.80		4.00		
Peso del suelo seco	60.60		66.50		52.50		
% de humedad	8.25		7.22		7.62		
Promedio de humedad	8.3		7.2		7.6		

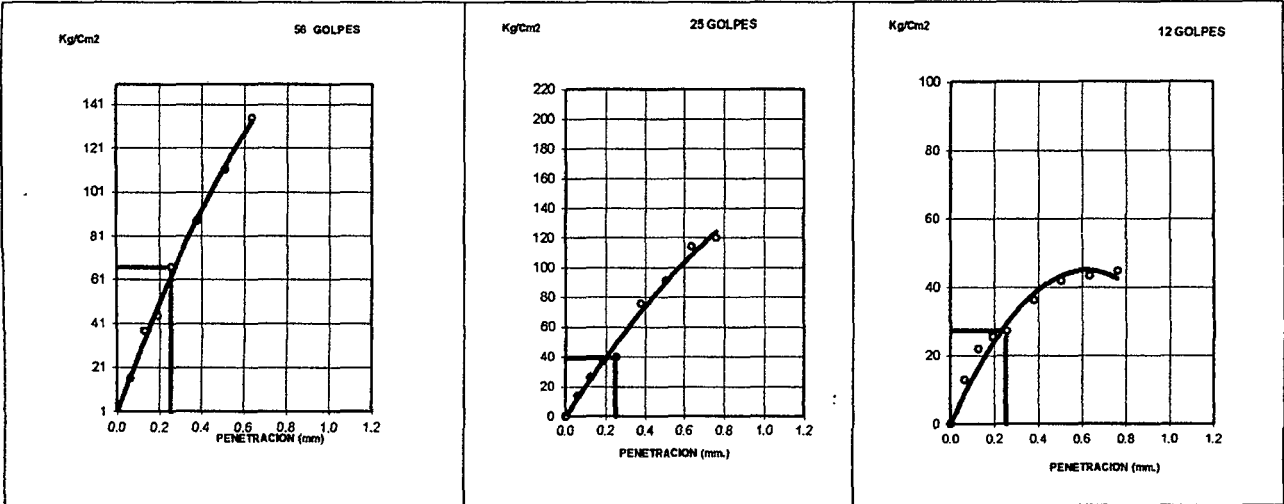
EXPANSION											
FECHA	HORA	TIEMPO HRS.	LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION	
				mm.	%		mm.	%		mm.	%

PENETRACION											
PENETRACION			MOLDE Nro: 1			MOLDE Nro: 2			MOLDE Nro: 3		
			LECTURA DIAL	CORRECCION		LECTURA DIAL	CORRECCION		LECTURA DIAL	CORF	
TIEMPO	mm.	pulg.		Kgs	Kgs/Cm2		Kgs	Kgs/Cm2		Kgs	Kgs/Cm2
0.00	0.000	0.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.30	0.064	0.025	125	321	16	110	281	14	103	263	13
1.00	0.127	0.050	295	766	37	205	530	26	174	449	22
1.30	0.191	0.075	348	904	44	292	758	37	202	522	26
2.00	0.254	0.100	522	1360	67	312	810	40	215	556	27
3.00	0.381	0.150	689	1797	88	593	1545	76	285	739	36
4.00	0.508	0.200	870	2270	111	716	1867	91	330	858	42
5.00	0.635	0.250	1054	2752	135	893	2331	114	341	886	43
6.00	0.762	0.300	1491	3895	191	939	2450	120	352	915	45
8.00	1.016	0.400		-5	9		-5	9		-5	9

OBSERVACIONES: LA BALANZA SE CALIBRO A CERO.

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	
OBRA	: "MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL SM-502, TRAMO: EMP. PE-N5 (DIV. RIOJA) - POSIC, PROVINCIA DE RIOJA - SAN MARTIN."
UBICACIÓN	: POSIC, PROVINCIA DE RIOJA - SAN MARTIN.
SOLICITA	: CONSORCIO SAN MARTIN
FECHA MUESTREO	: 23/05/2013
FECHA ENSAYO	: 28/05/2013
TEC:	J. GARCIA P.

GRAFICO PENETRACION DE CBR

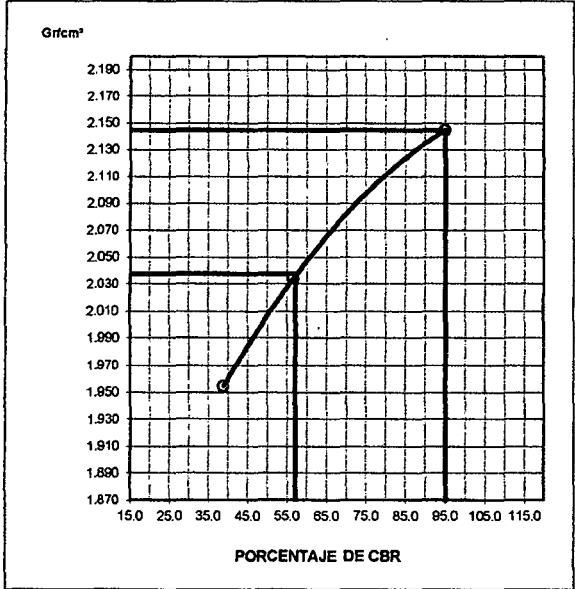


MDS (Gr/cc)= 2.145
 0.1"(%)= 95.1

MDS (Gr/cc)= 2.034
 0.1"(%)= 56.6

MDS (Gr/cc)= 1.954
 0.1"(%)= 38.9

DETERMINACION DE CBR



Datos de Proctor:		
MDS PROCTOR	2.145	gr/cc.
OPTIMO DE HUMEDAD	7.87	%
CLASIFICACION	SUCS	GM-GC
	AASHTO	A-1-a (0)

CBR AL 100 %	95.1	%
CBR AL 95 %	57.2	%

OBSERVACIONES:

8.1.4 RESULTADOS DE IMPRIMACIÓN

HOJA DE TRABAJO PARA CONTROL DE LA IMPRIMACION

OBRA : "MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL SM-502, TRAMO: EMP. PE – 5N (DV. RIOJA – SAN MARTIN)".

UBICACIÓN : DISTRITO DE POSIC - PROVINCIA DE RIOJA - REGION SAN MARTIN

SOLICITA : CONSORCIO SAN MARTIN

FECHA : 02/09/2013

Tipo de Material	CRS-2HP	Calibración antes de la Lectura	740.0 Gal
Temperatura del Asfalto	25°C	Calibración después de la Lectura	290.0 Gal
Progresivas		Litros usados, Lectura Calibre	450.0 Gal
Gravedad específica (a)	0.9242	Rango de Aplicación intentado	Gal/m2
Altura de la Barra del Esparcidor	0.20 m	Rango de Aplicación Calculado	0.31 Gal/m2
Velocidad de distribución	50 R.P.M		

Ensayo de Revisión		1	2	3	4	
1. Peso de Bandeja sin Asfalto	=	1420.0		1388.2		gms
2. Peso de Bandeja con Asfalto	=	1720.0		1690.9		gms
3. Peso del Asfalto (2) - (1)	=	300.0		302.7		gms
4. Area de la Bandeja	=	2500		2500		cm2
5. Rango de Esparcido (3) / (4)	=	0.1		0.1		gms / cm2
6. Rango de Esparcido (5) / 0.1	=	1.2		1.2		Kg / m2
7. Rango Corregido Esparcido (6) x 0.9242						
Corregido a 15.6°C por Volumen dividido por 0.94	=	1.2		1.2		Lts / m2
		0.31		0.31		Gal / m2
8. Rango Promedio Medido del Esparcido	=	0.31				Gal / m2

Observaciones :

Hora: 08:30 a.m.

Temperatura: 25°C (AMBIENTE)

Temperatura: 28°C (SUELO)

Longitud: 350 m

Ancho: 3.60 m

Area : 1260 m²

Penetración 6 mm

Progresiva: Km 0+000 - 0+350

Ensayado por :

Revisado por :

HOJA DE TRABAJO PARA CONTROL DE LA IMPRIMACION
--

OBRA	:	"MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL SM-502, TRAMO: EMP. PE – 5N (DV. RIOJA – SAN MARTIN)".
UBICACIÓN	:	DISTRITO DE POSIC - PROVINCIA DE RIOJA - REGION SAN MARTIN
SOLICITA	:	CONSORCIO SAN MARTIN
FECHA	:	02/09/2013

Tipo de Material	CRS-2HP	Calibración antes de la Lectura		740.0 Gal	
Temperatura del Asfalto	25°C	Calibración después de la Lectura		290.0 Gal	
Progresivas		Litros usados, Lectura Calibre		450.0 Gal	
Gravedad específica (a)	0.9242	Rango de Aplicación intentado		Gal/m2	
Altura de la Barra del Esparcidor	0.20 m	Rango de Aplicación Calculado		0.31 Gal/m2	
Velocidad de distribución	50 R.P.M				
Ensayo de Revisión		1	2	3	4
1. Peso de Bandeja sin Asfalto	=	1420.0		1388.2	gms
2. Peso de Bandeja con Asfalto	=	1733.0		1695.0	gms
3. Peso del Asfalto (2) - (1)	=	313.0		306.8	gms
4. Area de la Bandeja	=	2500		2500	cm2
5. Rango de Esparcido (3) / (4)	=	0.1		0.1	gms / cm2
6. Rango de Esparcido (5) / 0.1	=	1.3		1.2	Kg / m2
7. Rango Corregido Esparcido (6) x 0.9242					
Corregido a 15.6°C por Volumen dividido	=	1.2		1.2	Lts / m2
por 0.94		0.33		0.32	Gal / m2
8. Rango Promedio Medido del Esparcido	=	0.32			Gal / m2

Observaciones :	Hora:	09:30 a.m.	
	Temperatura:	26°C	(AMBIENTE)
	Temperatura:	29°C	(SUELO)
	Longitud:	350	m
	Ancho:	3.60	m
	Area :	1260	m²
	Penetración	6	mm
Ensayado por :		Revisado por :	

HOJA DE TRABAJO PARA CONTROL DE LA IMPRIMACION

OBRA

:

"MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL SM-502, TRAMO: EMP. PE – 5N (DV. RIOJA – SAN MARTIN)".

UBICACIÓN

:

DISTRITO DE POSIC - PROVINCIA DE RIOJA - REGION SAN MARTIN

SOLICITA

:

CONSORCIO SAN MARTIN

FECHA

:

02/09/2013

Tipo de Material		CRS-2HP		Calibración antes de la Lectura		740.0 Gal	
Temperatura del Asfalto		25°C		Calibración después de la Lectura		290.0 Gal	
Progresivas				Litros usados, Lectura Calibre		450.0 Gal	
Gravedad específica (a)		0.9242		Rango de Aplicación intentado		Gal/m2	
Altura de la Barra del Esparcidor		0.20 m		Rango de Aplicación Calculado		0.31 Gal/m2	
Velocidad de distribución		50 R.P.M					
Ensayo de Revisión		1	2	3	4		
1. Peso de Bandeja sin Asfalto	=	1420.0		1388.2		gms	
2. Peso de Bandeja con Asfalto	=	1736.0		1702.0		gms	
3. Peso del Asfalto (2) - (1)	=	316.0		313.8		gms	
4. Area de la Bandeja	=	2500		2500		cm2	
5. Rango de Esparcido (3) / (4)	=	0.1		0.1		gms / cm2	
6. Rango de Esparcido (5) / 0.1	=	1.3		1.3		Kg / m2	
7. Rango Corregido Esparcido (6) x 0.9242							
Corregido a 15.6°C por Volumen dividido	=	1.2		1.2		Lts / m2	
por 0.94		0.33		0.33		Gal / m2	
8. Rango Promedio Medido del Esparcido	=	0.33				Gal / m2	

Observaciones :

Hora:

10:00 a.m.

Temperatura:

25°C

(AMBIENTE)

Temperatura:

29°C

(SUELO)

Longitud:

350

m

Ancho:

3.60

m

Area :

1260

m²

Penetración

6

mm

Progresiva:

Km 0+700 - 1+050

Ensayado por :

Revisado por :

HOJA DE TRABAJO PARA CONTROL DE LA IMPRIMACION

OBRA	:	"MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL SM-502, TRAMO: EMP. PE – 5N (DV. RIOJA – SAN MARTIN)".
UBICACIÓN	:	DISTRITO DE POSIC - PROVINCIA DE RIOJA - REGION SAN MARTIN
SOLICITA	:	CONSORCIO SAN MARTIN
FECHA	:	02/09/2013

Tipo de Material	CRS-2HP	Calibración antes de la Lectura		740.0 Gal	
Temperatura del Asfalto	25°C	Calibración después de la Lectura		290.0 Gal	
Progresivas		Litros usados, Lectura Calibre		450.0 Gal	
Gravedad específica (a)	0.9242	Rango de Aplicación intentado		Gal/m2	
Altura de la Barra del Esparcidor	0.20 m	Rango de Aplicación Calculado		0.31 Gal/m2	
Velocidad de distribución	50 R.P.M				
Ensayo de Revisión	1	2	3	4	
1. Peso de Bandeja sin Asfalto =	1420.0		1388.2		gms
2. Peso de Bandeja con Asfalto =	1736.0		1698.0		gms
3. Peso del Asfalto (2) - (1) =	316.0		309.8		gms
4. Area de la Bandeja =	2500		2500		cm2
5. Rango de Esparcido (3) / (4) =	0.1		0.1		gms / cm2
6. Rango de Esparcido (5) / 0.1 =	1.3		1.2		Kg / m2
7. Rango Corregido Esparcido (6) x 0.9242 Corregido a 15.6°C por Volumen dividido por 0.94 =	1.2 0.33		1.2 0.32		Lts / m2 Gal / m2
8. Rango Promedio Medido del Esparcido =		0.33			Gal / m2

Observaciones :	Hora:	01:30 p.m.	
	Temperatura:	32°C	(AMBIENTE)
	Temperatura:	37°C	(SUELO)
	Longitud:	350	m
	Ancho:	3.60	m
	Area :	1260	m ²
	Penetración	6	mm

Ensayado por :	Revisado por :
----------------	----------------

8.1.5 RESULTADOS DE TRATAMIENTO SUPERFICIAL MONOCAPA



INFORME DE ENSAYO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO PARA TRATAMIENTO SUPERFICIAL MONOCAPA

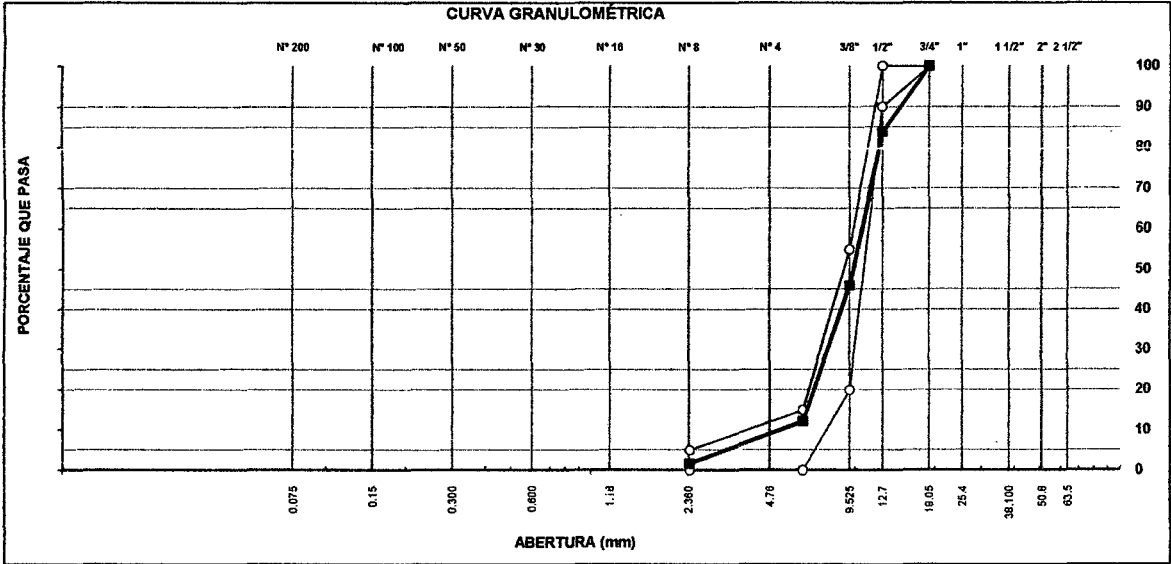
PROYECTO : MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL SM-502, TRAMO: EMP. PE-N5 (DV. RIOJA) - POSIC
UBICACIÓN : PROVINCIA DE RIOJA – SAN MARTIN
SOLICITANTE : CONSORCIO SAN MARTIN
REFERENCIA : TRATAMIENTO SUPERFICIAL MONOCAPA
FECHA : 25.08.13

DETALLE DE LA MUESTRA
IDENTIFICACIÓN : CANTERA RIO TONCHIMA
DESCRIPCIÓN : PIEDRA CHANCADA 1/2"

PRESENTACIÓN
CANTIDAD

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS POR TAMIZADO (ASTM C-136)						
MALLAS						
SERIE AMERICANA	ABERTURA (mm)	PESO RET. %	RET. PAR. %	RET. AC. %	PASA %	ESPECIFICACIÓN
3"	76.200					
2 1/2"	63.500					
2"	50.800					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.050				100.0	100 100
1/2"	12.700	380.1	16.3	16.3	83.7	90 100
3/8"	9.525	883.4	37.8	54.0	46.0	20 55
1/4"	6.350	790.4	33.8	87.8	12.2	0 15
# 4	4.750	219.0	9.4	97.2	2.8	
# 8	2.380	27.4	1.2	98.4	1.6	0 5
# 16	1.190	6.0	0.3	98.6	1.4	
<# 16	(ASTM C-117)	32.3	1.4	100.0	0.0	

TRATAMIENTO BICAPA
B
CARACTERIZACIÓN DEL AGREGADO
OBS: La muestra tomada e identificada por el solicitante No logra cumplir con la gradación B de la especificación de tratamientos superficiales del MTC (Sección 405)
NOTA: Se recomienda ajustar la granulometría en la malla de 1/2" a fin de encajarlo en la especificación deseada.



Guillermo Vera B.
Guillermo Vera B.
Laboratorista

Wendy Herencia
Wendy Herencia
Jefe del Área Técnica

Fecha de reporte Lima, 26 de Junio del 2013



INFORME DE ENSAYO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO PARA TRATAMIENTO SUPERFICIAL MONOCAPA

PROYECTO : MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL SM-502, TRAMO: EMP. PE-N5 (DV. RIOJA) - POSIC
UBICACIÓN : PROVINCIA DE RIOJA – SAN MARTIN
SOLICITANTE : CONSORCIO SAN MARTIN
REFERENCIA : TRATAMIENTO SUPERFICIAL MONOCAPA
FECHA : 25.06.13

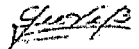
DETALLE DE LA MUESTRA

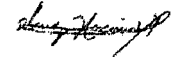
IDENTIFICACIÓN	: CANTERA RIO TONCHIMA	PRESENTACIÓN
DESCRIPCIÓN	: PIEDRA CHANCADA 1/2"	CANTIDAD

MALLAS	GRANULOMETRÍA ASTM C 136	ESPECIFICACIONES			
	% QUE PASA	A	B	C	D
1"		100			
3/4"	100.0	90 - 100	100		
1/2"	83.7	10 - 45	90 - 100	100	
3/8"	46.0	0 - 15	20 - 65	90 - 100	100
1/4"	12.2		0 - 15	10 - 40	90 - 100
# 4		0 - 5		0 - 15	20 - 55
# 8	1.8		0 - 5	0 - 5	0 - 15
# 16					0 - 5

OBSERVACIÓN

- ♦ MUESTRAS TOMADAS E IDENTIFICADAS POR EL SOLICITANTE
- ♦ EL AGREGADO ANALIZADO NO ENCAJA EN LA MALLA DE 1/2" DE LA GRADACION "B" (MTC EG-2000)
- ♦ EL CLIENTE DEBERA MEJORAR LA GRANULOMETRIA DEL AGREGADO A FIN DE ENCAJARLO EN LA ESPECIFICACION DESEADA


Guillermo Vera B.
Laboratorista


Wendy Herencia
Jefe del Área Técnica

Fecha de reporte Lima, 26 de Junio del 2013

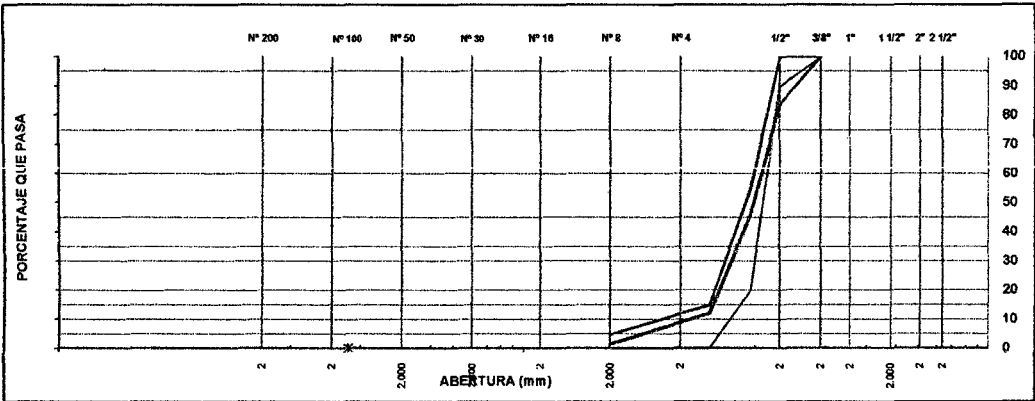


DISEÑO DEL TRATAMIENTO SUPERFICIAL SIMPLE - MONOCAPA
MÉTODO DEL INSTITUTO DEL ASFALTO

PROYECTO : MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL SM-502, TRAMO: EMP. PE-N5 (DV. RIOJA) - POSIC
UBICACIÓN : PROVINCIA DE RIOJA – SAN MARTIN
SOLICITANTE : CONSORCIO SAN MARTIN
REFERENCIA : TRATAMIENTO SUPERFICIAL MONOCAPA PARA CAPE SEAL
FECHA : 25.06.13

- 1.- CARACTERIZACIÓN DEL AGREGADO GRUESO
CANTERA : CANTERA RIO TONCHIMA
UBICACIÓN : SAN MARTIN
DESCRIPCIÓN : PIEDRA CHANCADA T.M.3/4"

GRANULOMETRÍA ASTM C 136				GRADACIÓN EG - 2000 MTC	
MALLAS	ABERTURA (mm)	% RETENIDO	% QUE PASA	B	
1"	25.4				
3/4"	19.1		100.0	100	100
1/2"	12.7	16.3	83.7	90	100
3/8"	9.525	37.8	46.0	20	55
1/4"	6.35	33.8	12.2	0	15
# 4	4.76	9.4	2.8		
# 8	2.38	1.2	1.6	0	5
# 16	1.19				
# 50	0.297				



Ensayo	Resultado	Especificación
Peso unitario del agregado en estado suelto (kg/m3)	1267	-.-
Peso especifico de la masa (Bulk specific gravity)	2.554	-.-
Adhesividad (MTC E-521)	+95	+95

2.- TRATAMIENTO SUPERFICIAL SIMPLE

2a.- Aplicación del Agregado

Tamaño máximo Agregado grueso triturado
Tamaño medio del agregado (mm)
Promedio de la menor dimensión (Apéndice D MS-19)
Peso unitario del agregado en estado suelto (kg/m3)
Peso especifico bruto (Bulk specific gravity) (g/cm3)
Índice Laminar (Manual del instituto de asfalto MS-19 Apéndice D

	3/4
tm	9.82
H	6.36
W	1267
G	2.554
IL	38.6

Vacios en el agregado pétreo,

$V = 1 - W/(1000 \cdot G)$

V	0.50
---	------

Factor de tránsito
Corrección por textura (lt/m2)
Factor de merma
Corrección por absorción del agregado
asfalto residual, R = 0,65 CRS-2HP
Factor de evaluación
Factor de evaluación

T	0.75
S	0.2
E	1.04
A	0.07
R	0.65
M	1
K	1

El uso de la información contenida en este documento es de exclusiva responsabilidad del usuario.

2b.- Aplicación de la emulsión asfáltica de rotura rápida CRS-2HP

$$B = K \left[\frac{0.40HTT + S + A}{R} \right]$$

B 1.89

2c.- Distribución del agregado

$$C = M [(1-0.4V) H G E]$$

C 13.5

3.- CONCLUSIÓN

RESUMEN	CALCULADO	
	LT/M2	AGREGADO PÉTREO KG/M2
TRATAMIENTO SUPERFICIAL SIMPLE	1.89	13.5

- 4.- Obs:
- a) Las tasas de emulsión y agregado deberán ser ajustadas de acuerdo al tramo de prueba en obra.
 - b) El material deberá encontrarse limpio y libre del polvo adherido sobre su superficie.
 - c) EL AGREGADO ANALIZADO NO ENCAJA EN LA MALLA DE 1/2" DE LA GRADACION "B" (MTC EG-2000)
 - d) EL CLIENTE DEBERA MEJORAR LA GRANULOMETRIA DEL AGREGADO A FIN DE ENCAJARLO EN LA ESPECIFICACION DESEADA
 - e) Se sugiere efectuar paños de 1 m por 1m con la dosificación indicada y someterlas al trafico de acuerdo a ello determinar las correcciones necesarias.


Guillermo Vera B.
Laboratorista


Wendy Herencia
Jefe del Área Técnica

Fecha de Emisión : Lima, 28 de Junio del 2013



INFORME DE ENSAYO

PROYECTO : MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL SM-502, TRAMO: EMP. PE-N5 (DV. RIOJA) - POSIC
UBICACIÓN : PROVINCIA DE RIOJA - SAN MARTIN
SOLICITANTE : CONSORCIO SAN MARTIN
REFERENCIA : TRATAMIENTO SUPERFICIAL MONOCAPA PARA CAPE SEAL
FECHA : 25.06.13

REFERENCIA DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : CANTERA RIO TONCHIMA
DESCRIPCIÓN : PIEDRA CHANCADA T.M.3/4"

PRESENTACIÓN : bolsa plastica
CANTIDAD : 03 kg aprox.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS POR TAMIZADO (ASTM C-136)

MALLAS		PESO RET. g	RET. PAR. %	RET. AC. %	PASA %	Gradación B MTC EG-2000	
SERIE AMERICANA	ABERTURA (mm)						
3"	76.200						
2 1/2"	63.500						
2"	50.800						
1 1/2"	38.100						
1"	25.400						
3/4"	19.050				100.0	100	100
1/2"	12.700	380.1	16.3	16.3	83.7	90	100
3/8"	9.525	883.4	37.8	54.0	46.0	20	55
1/4"	6.350	790.4	33.8	87.8	12.2	0	15
# 4	4.760	219.0	9.4	97.2	2.8		
# 8	2.380	27.4	1.2	98.4	1.6	0	5
# 16	1.190	6.0	0.3	98.6	1.4		
# 50	0.297	32.3	1.4	100.0	0.0		

TRATAMIENTO SUPERFICIAL SIMPLE

CARACTERIZACIÓN DEL AGREGADO

P.U.S. : 1267
P.E. MASA : 2,554 g/cm³
P.E. SSS : 2,598 g/cm³
P.E. APAR. : 2,672 g/cm³
ABS : 1,7 %

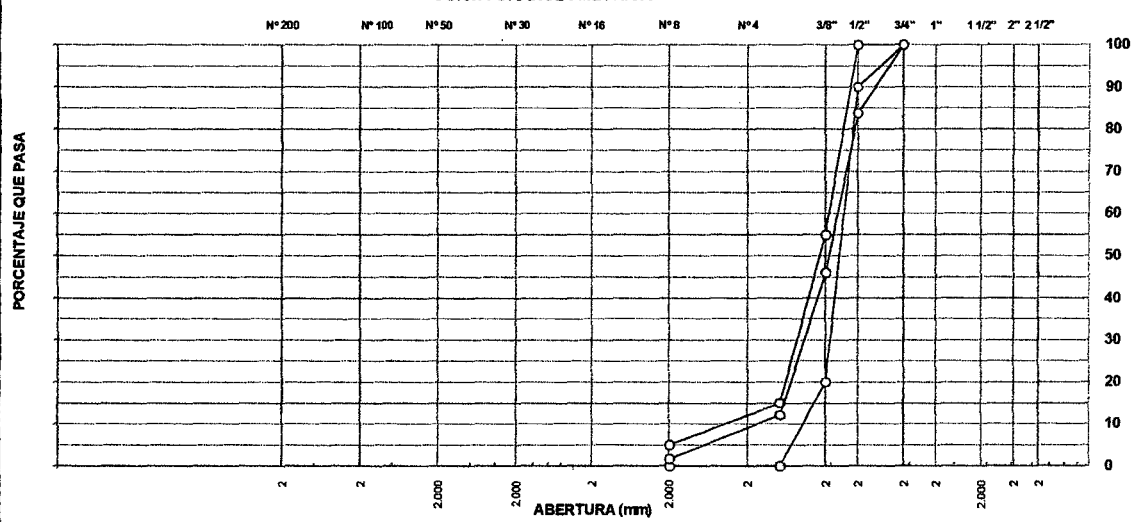
1 A + CARA FRACTURADA : 87,7 %
2 A + CARAS FRACTURADAS : 83,1 %

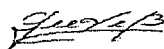
OBS:

El agregado cumple con la gradación **TIPO B** de la especificación de tratamientos superficiales Monocapa del MTC (Sección 405)

Se recomienda ajustar la granulometría en la malla de 1/2" a fin de encajarlo en la especificación deseada.

CURVA GRANULOMÉTRICA




Guillermo Vera B.
Laboratorista


Wendy Herencia
Jefe del Área Técnica

Fecha de reporte : Lima, 28 de Junio del 2013

El uso de la información contenida en este documento es de exclusiva responsabilidad del usuario.

Mza. A Lote 12 Zona Industrial Las Praderas de Lurín - Lurín. Teléfono (511) 6169311 Fax: 6169313



EXPEDIENTE T.S.M.
003-2013-LAB TDM ASFALTOS

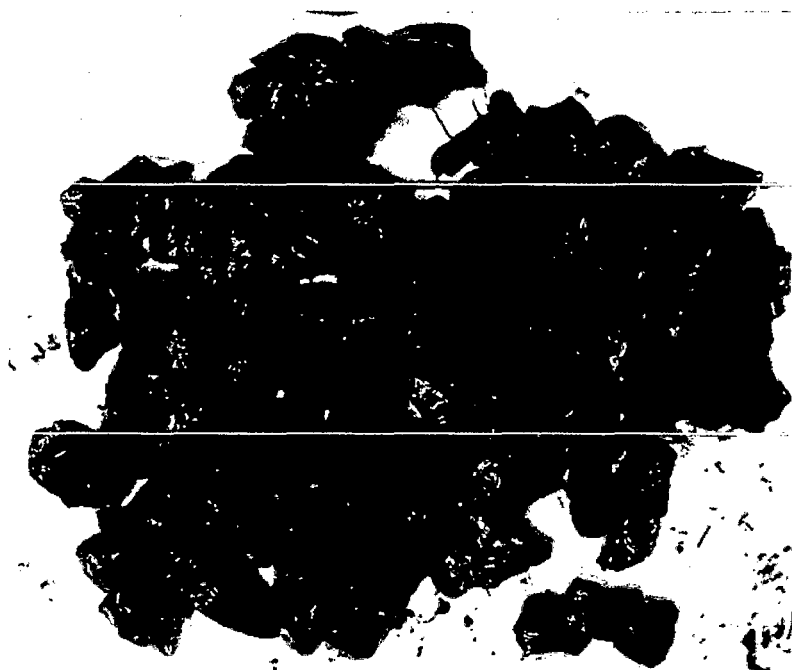
INFORME DE ENSAYO

PROYECTO : MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL SM-502, TRAMO: EMP. PE-N5 (DV. RIOJA) - POSIC
UBICACIÓN : PROVINCIA DE RIOJA – SAN MARTIN
SOLICITANTE : CONSORCIO SAN MARTIN
REFERENCIA : TRATAMIENTO SUPERFICIAL MONOCAPA PARA CAPE SEAL
FECHA : 25.06.13

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : CANTERA RIO TONCHIMA TIPO DE PRODUCTO CRS-2HP
DESCRIPCIÓN : PIEDRA CHANCADA T.M.3/4"

Ensayo	Resultado	Especificación
Adherencia, MTC E521	+95	+95



OBSERVACION:

1. Muestras de agregados provistas e identificadas por el peticionario
2. El ensayo se realizo sobre agregado Grueso entre los tamices 3/8" y N°4
3. Emulsion utilizada CRS-2HP

Guillermo Vera B.
Laboratorista

Wendy Herencia
Jefe del Área Técnica

Fecha de reporte : Lima, 28 de Junio del 2013

El uso de la Información contenida en este documento es de exclusiva responsabilidad del usuario.
Mza. A Lote 12 Zona Industrial Las Praderas de Lurín - Lurín. Teléfono (511) 6169311 Fax: 6169313

8.1.6 RESULTADO DE TRATAMIENTO SUPERFICIAL SLURRY SEAL



INFORME DE ENSAYO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO PARA SLURRY SEAL

PROYECTO : MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL SM-502, TRAMO: EMP. PE-N5 (DV. RIOJA) - POSIC
UBICACIÓN : PROVINCIA DE RIOJA - SAN MARTIN
SOLICITANTE : CONSORCIO SAN MARTIN
REFERENCIA : DISEÑO SLURRY SEAL
FECHA : 25,06,13

DETALLE DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : CANTERA RIO TONCHIMA
DESCRIPCIÓN : ARENA DE PIEDRA CHANCADA

PRESENTACIÓN : 01 bolsa plastica
CANTIDAD : 03 kg aprox.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS POR TAMIZADO (ASTM C-136)

MALLAS						
SERIE AMERICANA	ABERTURA (mm)	PESO RET. g	RET. PAR. %	RET. AC. %	PASA %	ESPECIFICACIÓN
1 1/2"	37.500					
1"	25.000					
3/4"	19.000					
1/2"	12.500					
3/8"	9.500				100	100 - 100
# 4	4.750	29.15	6.6	6.6	93	90 - 100
# 8	2.360	109.68	24.7	31.3	69	65 - 90
# 16	1.180	72.68	16.4	47.7	52	45 - 70
# 30	0.600	45.69	10.3	58.0	42	30 - 50
# 50	0.300	42.74	9.6	67.6	32	18 - 30
# 100	0.150	52.24	11.8	79.4	21	10 - 21
# 200	0.075	33.28	7.5	86.9	13	5 - 15
< # 200	(ASTM C-117)	57.94	13.1	100.0	0	

SLURRY SEAL

GRADACIÓN TIPO : II

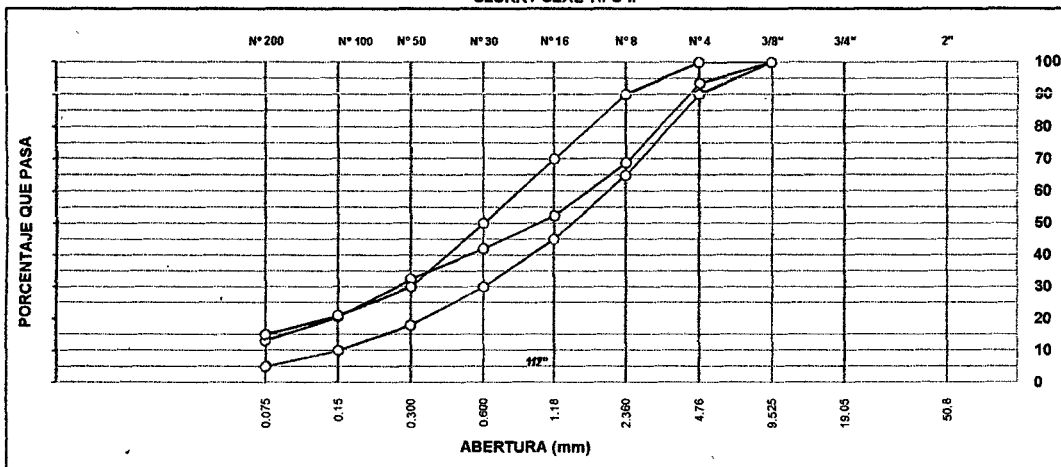
CARACTERIZACIÓN DEL AGREGADO

PESO TOTAL : 443.4 g
PESO LAVADO : 385.5 g
EQUIV. DE ARENA : 64.0 %
AZUL DE METILENO : 6.0 mg/gr

OBSERVACIÓN:

El material **CUMPLE** con el Huso Granulometrico **TIPO II** considerando las tolerancias permitidas de la especificación ISSA.

CURVA GRANULOMÉTRICA
SLURRY SEAL TIPO II



Guillermo Vera B.
Guillermo Vera B.
Laboratorista

Wendy Herencia
Wendy Herencia
Jefe del Área Técnica

Fecha de reporte

Lima, 26 de Junio del 2013

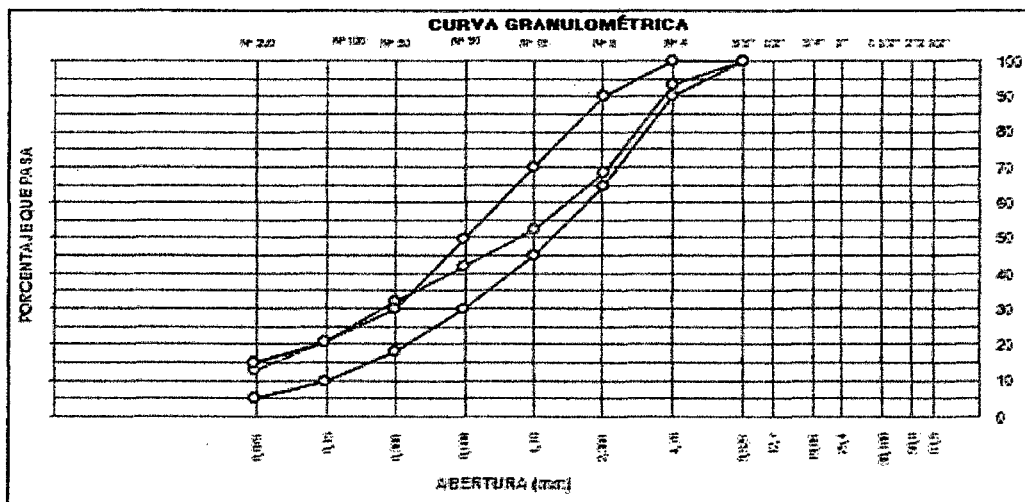
INFORME DE ENSAYO

Proyecto : MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL SM-502, TRAMO: EMP. PE-N5 (DV. RIOJA) – POSIC
Ubicación : PROVINCIA DE RIOJA – SAN MARTIN
Solicitante : CONSORCIO SAN MARTIN
Referencia : TRATAMIENTO SUPERFICIAL DE SLURRY SEAL PARA CAPE SEAL

I. Caracterización de Agregados

Procedencia de la muestra : CANTERA RIO TONCHIMA
Referencia : Formular Slurry Seal II.
Observaciones : Agregado muestreado por los interesados.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS POR TAMIZADO (ASTM C-136)			
SERIE AMERICANA	ABERTURA (mm)	PASA %	ESPECIFICACIÓN SLURRY SEAL TIPO II
3/8"	9,525	100	100
# 4	4,760	93	90 - 100
# 6	2,380	69	65 - 90
# 16	1,190	52	45 - 70
# 30	0,590	42	30 - 50
# 50	0,297	32	18 - 30
# 100	0,149	21	10 - 21
# 200	0,075	13	5 - 15
< # 200	(ASTM C-117)	0	



ENSAYO	ESPECIFICACIÓN	RESULTADO
EQUIVALENTE DE ARENA (ASTM D 2419)	MÍNIMO 45%	64 %
AZUL DE METILENO (ISSA TB 145)	—	6.0 mg/gr



II. Características de la Emulsión Asfáltica

Tipo de emulsión : Emulsión Cationica de Rotura Lenta Emultec CSS-1hp.

Referencia : MINIPLANTA CSS-1hp

ENSAYO	MÉTODO	UNIDADES	RESULTADO	ESPECIFICACIÓN
Residuo Asfáltico	ASTM D 6997	%	61.5	Mínimo 60%
Penetración (25 °C, 100g, 5 seg)	ASTM D 5	dmm	56	50 - 90 dmm
Punto de ablandamiento	ASTM D 36	°C	55	55 °C
Recuperación Elástica por Torsión	NLT 329	%	16.5	12%

III. ANALISIS DE AGUA

PROCEDENCIA	ESPECIFICACIÓN		RESULTADO	
	PH	DUREZA	PH	DUREZA
AGUA POTABLE	(6 - 8)	MAXIMO 380 ppm	7.68	270 ppm

IV. Contenido Teórico de Asfalto

Asfalto teórico en base a la granulometría : 9.8%

Emulsión asfáltica teórica calculada : 15.9%

V. Calidad de Mezcla

A partir del contenido teórico de emulsión y teniendo en cuenta la manejabilidad de la mezcla con el agregado, se fabricaron moldes para someterlos a las pruebas de:

Rueda cargada (ISSA TB 109)

Abrasión en humedo (ISSA TB 100)

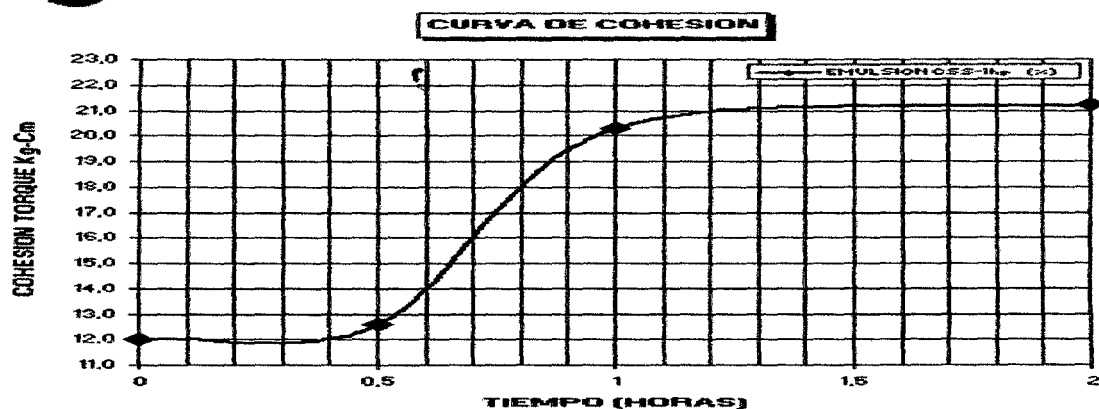
Asfalto teorico (%)	Emulsion teorica (%)	Agua (%)	Filler (%)
9.8	15.9	9.0	0.5

- El porcentaje de agua que se indica es la añadida al agregado.
- Filler : Cemento
- Tiempo de mezclado >180segundos.
- Porcentajes en peso del agregado seco.

VI. COHESION

TEMPERATURA LABORATORIO	% ASFALTO	% EMULSIÓN	% FILLER	% AGUA	TIEMPO DE MEZCLADO (Segundos)	COHESIÓN (kg-cm)	
						30 min	60 min
22°C-25°C aprox	9.0	14.6	0.5	9.5	>180	12.6	20.3

Tiempo de rotura bajo condiciones de laboratorio :3.0 horas



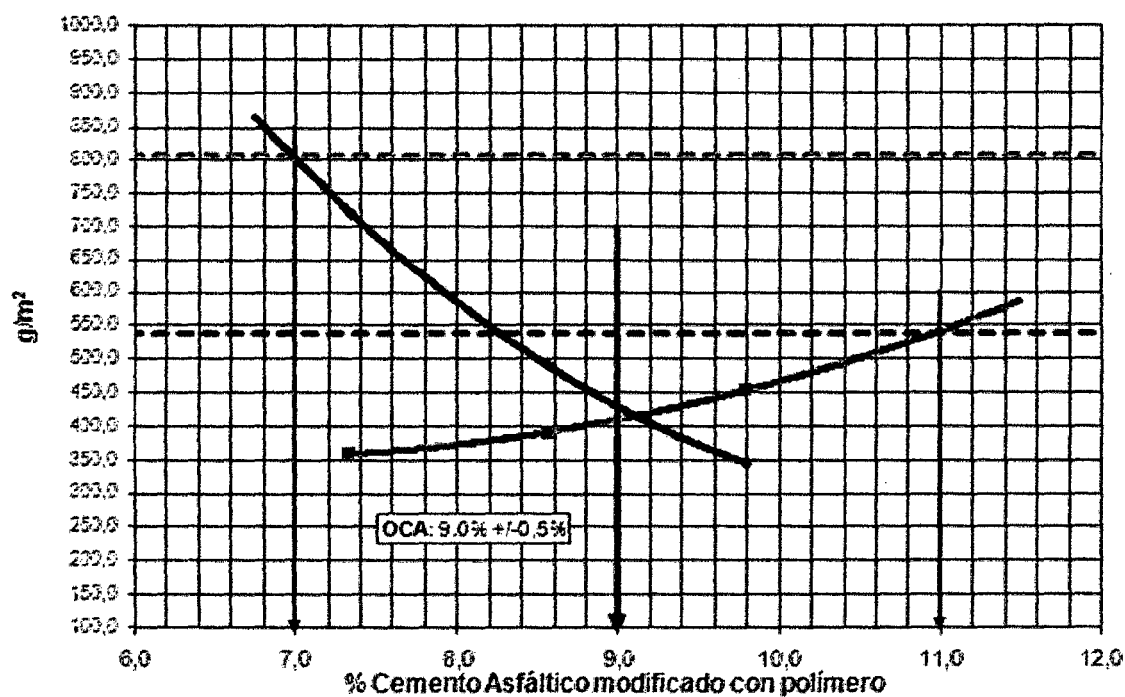
VII. Especificaciones

ENSAYO	MÉTODO	ESPECIFICACIÓN
Tiempo de mezclado	ISSA TB 113	Mínimo 180 seg.
WTAT	ISSA TB 100	Máximo 807 g/m ²
LWT	ISSA TB 109	Máximo 538 g/m ²

VIII. Resultados

Cemento Asfáltico Mod. con Polímero	Emulsión (%)	WTAT (g/m ²)	LWT (g/m ²)
7,3	11,9	720,6	356,6
8,6	13,9	489,7	389,9
9,8	15,9	346,3	451,6

Contenido Optimo de Asfalto





IX. Conclusiones

Diseño de Slurry Seal TIPO II.

- Cantidad optima de emulsión asfáltica CSS-1hp. : 14.6%
(Rango de tasa de aplicación: 13.8% a 15.4% aplicación)
- Cantidad de agua : 9.5%
(Agua añadida)
- Cantidad de filler (Cemento) : 0.5%

I
Nota 1. El agregado encaja dentro de la gradación TIPO II considerando las tolerancias permitidas de la Especificación ISSA.

Nota 2. Las condiciones de diseño y evaluación de material fueron realizadas en condiciones de laboratorio. Se debe tomar en cuenta, que durante la aplicación en campo se puede requerir algunos ajustes al diseño.

Guillermo Vera B.
Laboratorista

Wendy Herencia
Jefe del Area Técnica

Fecha de emisión: Lurin 03 de Julio de 2013



EMULTEC CSS-1HP

EMULSIÓN CATIÓNICA DE RUPTURA LENTA MODIFICADA CON POLIMERO

INFORME DE ENSAYO N° 054-2013-tdmasfaltos-labdiseño

GUIA TDM ASFALTOS :

CLIENTE: CONSORCIO SAN MARTIN

REFERENCIAS:

EXPEDIENTE S.S. 019 - 2013 - LAB TDM ASFALTOS.

TANQUE:

CINTILLO DE SEGURIDAD N°:

LOTE DE PRODUCCIÓN: MINIPLANTA

CANTIDAD: 01 GALON

FECHA DE PRODUCCIÓN: 26.06.13

ENSAYOS SOBRE EMULSIÓN	MÉTODO ASTM	UNIDADES	ESPECIFICACIONES		RESULTADO
			MÍNIMO	MÁXIMO	
VISCOSIDAD SAYBOLT FUROL, 25 °C	D 7496	ssf	20	100	28
CONTENIDO DE AGUA, % VOLUMEN	D 95	%	--	40	38.5
DESTILACIÓN	D 6997	--			
- CONTENIDO DE ASFALTO RESIDUAL	D 6997	%	60	--	61.5
- CONTENIDO DE DISOLVENTES	D 6997	%	--	0	0
SEDIMENTACION A LOS 7 DIAS	D 6930	%	--	5	0.5
PRUEBA DEL TAMIZ N° 20	D 6933	%	--	0.1	0.01
MEZCLA CON CEMENTO	D 6935	%	--	2	0.1
CARGA DE PARTÍCULA	D 7402		POSITIVA		POSITIVA

ENSAYOS SOBRE EL RESIDUO DE EMULSIÓN					
PENETRACIÓN, 25°C, 100 g, 5 s	D 5	dmm	50	90	56
PUNTO DE ABLANDAMIENTO	D 36	°C	55	--	55
DUCTILIDAD, 5°C, 5 cm/min	D 113	cm	10	--	10
RECUPERACION ELASTICA TORSIONAL, 25°C	NLT 329*	%	12	--	16.5

OBSERVACIONES: El producto cumple especificaciones NTP 321.141-2003

Los resultados corresponden sólo a la muestra analizada

PE: 1.00 g/cm³

* Norma Española

CÓDIGO DE CONTRAMUESTRA:

Original: Cliente
Copia 1: Area Técnica
Copia 2: Producción
Copia 3: Laboratorio

Guillermo Vera B.
Laboratorista

Ing. Wendy Herencia Peña
Jefe del Área Técnica

Fecha de Emisión : Lima, 03 de Julio del 2013

La información contenida en este documento se basa en ensayos adecuados, seguros y correctos. Las recomendaciones, rendimientos y sugerencias no constituyen garantías ya que, al estar fuera de nuestro alcance controlar las condiciones de aplicación, no nos responsabilizamos por daños, perjuicios o pérdidas ocasionadas por el uso inadecuado de los productos.

TDM ASFALTOS se reserva el derecho de efectuar cambios con el objeto de adaptar este producto a las más modernas tecnologías.

Mz. A Lote 12 Zona Industrial Las Praderas de Lurín - Lurín. Teléfono (511) 6169311 Fax: 6169313



EMULTEC CRS-2HP

EMULSIÓN CATIÓNICA DE RUPTURA RÁPIDA MODIFICADA CON POLÍMERO

INFORME DE ENSAYO N° 051-2013-tdmasfaltos-labdiseno

GUÍA TDM ASFALTOS :

CLIENTE:

CONSORCIO SAN MARTIN

REFERENCIAS:

EXPEDIENTE T.S.M. 003-2013 - LAB.TDM ASFALTOS

TANQUE:

CINTILLO DE SEGURIDAD N°:

LOTE DE PRODUCCIÓN:

MINIPLANTA

CANTIDAD:

01 GALON

FECHA DE PRODUCCIÓN:

26.06.13

ENSAYOS SOBRE EMULSIÓN	MÉTODO ASTM	UNIDADES	ESPECIFICACIONES		RESULTADO
			MÍNIMO	MÁXIMO	
VISCOSIDAD SAYBOLT FUROL, 50 °C	D 7496	ssf	20	--	64
CONTENIDO DE AGUA, % VOLUMEN	D 95	%	--	37	34.1
DESTILACIÓN	D 6997	--			
- CONTENIDO DE ASFALTO RESIDUAL	D 6997	%	65	--	65.9
- CONTENIDO DE DISOLVENTES	D 6997	%	--	3	0.0
SEDIMENTACIÓN A LOS 7 DÍAS	D 6930	%	--	5	0.2
PRUEBA DEL TAMIZ N° 20	D 6933	%	--	0.1	0
CARGA DE PARTÍCULA	D 7402	--	POSITIVA		POSITIVA

ENSAYOS SOBRE EL RESIDUO DE EMULSIÓN					
PENETRACIÓN, 25°C, 100 g, 5 s	D 5	dmm	50	90	55
PUNTO DE ABLANDAMIENTO	D 36	°C	55	--	55
DUCTILIDAD, 5°C, 5 cm/min	D 113	cm	10	--	17.6
RECUPERACIÓN ELÁSTICA TORSIONAL, 25°C	* NLT 329	%	12	--	20

OBSERVACIONES: El producto cumple especificaciones NTP 321.141-2003


Los resultados corresponden sólo a la muestra analizada

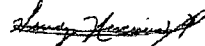
PE: 1.00 g/cm³

* Norma española

CÓDIGO DE CONTRAMUESTRA:

Original: Cliente
Copia 1: Área Técnica
Copia 2: Producción
Copia 3: Laboratorio


Guillermo Vera B.
Laboratorista


Wendy Herencia Pene
Jefe del Área Técnica

Fecha de Emisión : Lima, 28 de Junio del 2013

La información contenida en este documento se basa en ensayos adecuados, seguros y correctos. Las recomendaciones, rendimientos y sugerencias no constituyen garantías ya que, al estar fuera de nuestro alcance controlar las condiciones de aplicación, no nos responsabilizamos por daños, perjuicios o pérdidas ocasionadas por el uso inadecuado de los productos.

TDM ASFALTOS se reserva el derecho de efectuar cambios con el objeto de adaptar este producto a las más modernas tecnologías.

Mz. A Lote 12 Zona Industrial Las Praderas de Lurin - Lurin. Teléfono (511) 6169311 Fax: 6169313

ANEXO N°2: Diseño Estructural de Pavimento Flexible Mediante el Método AASHTO 93

DISEÑO DEL REFUERZO
METODO AASHTO 1993

PROYECTO : DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, DISTRITO DE RIOJA, REGION SAN MARTIN
TRAMO : RIOJA - POSIC 0+000 KM AL 06+090 KM FECHA : NOVIEMBRE 2013

DATOS DE ENTRADA (INPUT DATA) :

1. CARACTERISTICAS DE MATERIALES	DATOS
A. MODULO DE RESILIENCIA DE LA CARPETA ASFALTICA (ksi)	400.00
B. MODULO DE RESILIENCIA DE LA BASE GRANULAR (ksi)	85.80
C. MODULO DE RESILIENCIA DE LA SUB-BASE (ksi)	60.00
2. DATOS DE TRAFICO Y PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE	
A. NUMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL (W18)	3.29E+05
B. FACTOR DE CONFIABILIDAD (R)	75%
STANDARD NORMAL DEVIATE (Zr)	-0.674
OVERALL STANDARD DEVIATION (So)	0.45
C. MODULO DE RESILIENCIA DE LA SUBRASANTE (Mr, ksi)	10.12
D. SERVICIABILIDAD INICIAL (pi)	4.0
E. SERVICIABILIDAD FINAL (pt)	2.0
F. PERIODO DE DISEÑO (Años)	15
3. DATOS PARA ESTRUCTURACION DEL REFUERZO	
A. COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA	
Concreto Asfáltico Convencional (a1)	0.44
Base granular (a2)	0.14
Subbase (a3)	0.11
B. COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA	
Base granular (m2)	1.10
Subbase (m3)	1.10

DATOS DE SALIDA (OUTPUT DATA) :

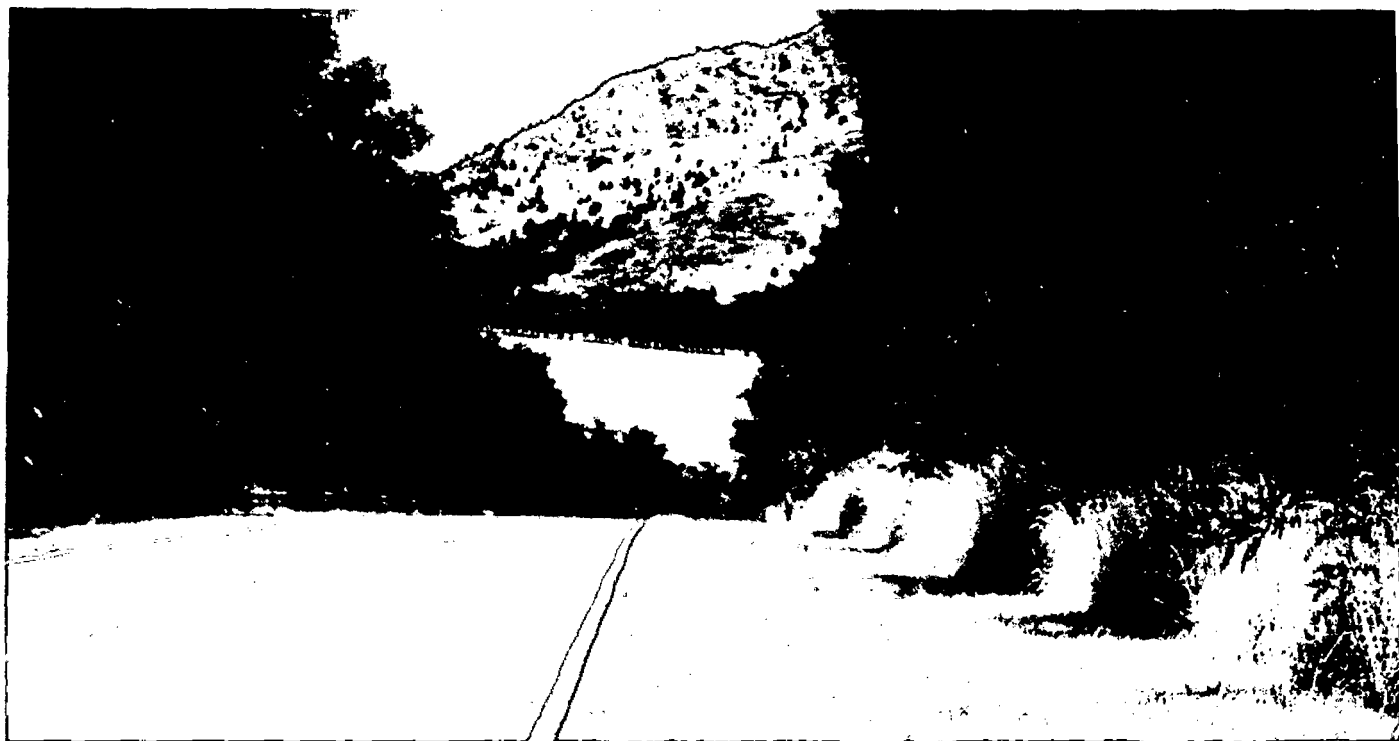
NUMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO TOTAL (SN _{REQ})	2.30
NUMERO ESTRUCTURAL CARPETA ASFALTICA (SN _{CA})	0.92
NUMERO ESTRUCTURAL BASE GRANULAR (SN _{BG})	0.18
NUMERO ESTRUCTURAL SUB BASE (SN _{SB})	1.20

ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO PROPUESTA

	TEORICO	PROPUESTO
ESPESOR CARPETA ASFALTICA (cm)	5.3	6.0
ESPESOR BASE GRANULAR (cm)	3.6	10.0
ESPESOR SUB BASE GRANULAR (cm)	30.5	32.0
ESPESOR TOTAL (cm)		48.0

RESPONSABLE :

ANEXO N° 3: Evaluación del Impacto Ambiental en Obras Viales



3. Conceptos Básicos en Gestión Ambiental

3.1. Aspectos Conceptuales de la Gestión Ambiental de Obras Viales

3.1.1. Presentación y Desarrollo del Marco Conceptual Básico

El ambiente es considerado desde el enfoque holístico como un sistema de alta complejidad, con componentes naturales, construidos (infraestructura, equipamiento, viviendas, etc.), sociales y económicos. Esto significa que allí se desarrollan procesos y transformaciones, cuyos efectos se manifiestan directamente o indirectamente en una multiplicidad de aspectos.

La gestión de la obra vial debe incorporar los objetivos del Desarrollo Sustentable, cuya definición se presenta en la Estrategia Nacional de Desarrollo Sustentable de la República Argentina: *"El Desarrollo Sustentable es un proceso de mejoramiento constante y equitativo de la calidad de vida de las personas, fundado en medidas adecuadas de conservación y protección del ambiente y los recursos naturales,*

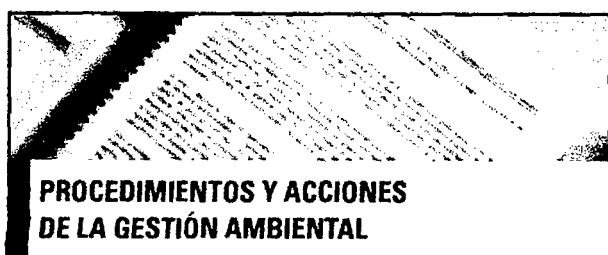
de manera de satisfacer las necesidades y aspiraciones de las generaciones presentes sin comprometer la facultad de continuar haciéndolo en el futuro" (actual S AyDS, 2001) (ver recuadro "Procedimientos y Acciones de la Gestión Ambiental," pág.52).

La implementación de la gestión ambiental de una obra vial requiere de la identificación, selección y definición de los conceptos e instancias claves, importantes o significativos. Esto incluye:

- Identificación de Etapas dentro del Ciclo del Proyecto
- Determinación de las Tipologías de obras viales según el medio receptor y según componentes y acciones
- Consideración de otros temas complementarios

3.1.2. Identificación de Etapas en el Proceso de la Obra Vial

La identificación de etapas en el proceso o ciclo de gestión de la obra vial se hace necesaria para identificar, organizar y caracterizar los diferentes efectos o impactos que pueden producir sobre el ambiente.



PROCEDIMIENTOS Y ACCIONES DE LA GESTIÓN AMBIENTAL

La Evaluación Ambiental Estratégica (EAE)

Es un procedimiento político técnico aplicable en la instancia de Políticas, Planes y Programas, en el marco de la planificación inicial.

El Estudio Ambiental Expositivo (EsAE)

Es un procedimiento técnico administrativo aplicable en instancias de planificación avanzada.

La Evaluación de Impacto Ambiental (EIA)

Es un procedimiento jurídico administrativo que incluye:

- **El Estudio de Impacto Ambiental (EsIA):** es un estudio técnico interdisciplinario. Puede tener un alcance Preliminar o Detallado, y es acompañado de los correspondientes Planes de Manejo Ambiental para las etapas de Obra, Mantenimiento y Operación.
- **La Audiencia Pública:** es un instrumento de participación de la comunidad interesada, implementado durante el proceso de EIA.
- **La Declaración de Impacto Ambiental (DIA):** es un pronunciamiento o dictamen del organismo competente, cuya denominación es variable según el contexto administrativo.
- **Los Planes de Manejo Ambiental**

Esta diferenciación se manifestará en los distintos contenidos y alcances de los estudios ambientales requeridos según las distintas etapas.

En el *Cuadro 1*, y de modo más desarrollado en la *Figura 3*, se indican las Etapas del Ciclo del Proyecto con los correspondientes instrumentos de evaluación y la gestión ambiental asociada.

Su contenido se desarrolla con mayor detalle en el **Capítulo 4** de esta **Parte A: Estudios Ambientales en el Ciclo del Proyecto de la Obra Vial**.

Los Instrumentos de Evaluación y Gestión Ambiental se describen en el **Capítulo 4** de esta **Parte A** y en la **Parte B**.

3.1.3. Determinación de Tipologías de Obra según el Medio Receptor

3.1.3.1. Según Usos del Suelo

Se puede agrupar en las siguientes tipologías:

• Obras en Zonas Urbanas

Correspondiente a áreas urbanas y suburbanas, incluyendo la interfase urbano y rural ⁵

• Obras en Zonas Rurales y Paisajísticas

Correspondiente a áreas rurales y áreas de valor paisajístico (para la conservación o el turismo) hasta el inicio de la interfase urbano y rural ⁶

Una misma obra vial puede atravesar, a lo largo de toda su traza, alternativamente zonas urbanas, suburbanas, rurales o paisajísticas.

Los principales componentes y procesos del medio receptor de la obra vial se presentan en la **Parte B** de esta **Sección I**, con un formato correspondiente a las columnas de una matriz de evaluación de impactos, diferenciado los contenidos según sea:

- Obra en zona urbana
- Obra en zona rural y paisajística
- Estudio de Impacto Ambiental Preliminar (Anteproyecto)
- Estudio de Impacto Ambiental (Proyecto Definitivo)

⁵ La interfase urbano y rural o periurbano es un paisaje caracterizado como un mosaico de diversas coberturas y usos del suelo, con una dinámica tanto de ocupación de áreas urbanas como de pequeñas parcelas rurales.

⁶ Si bien las obras en "Zona Rural" y en "Zona de importancia Paisajística" aparecen aquí agrupadas, ambas pueden diferenciarse durante el desarrollo de la evaluación por el peso relativo que se asigne a los atributos a considerar y por los criterios a aplicar en la implementación de cada uno de los casos.

CUADRO 1. ETAPAS DEL CICLO DEL PROYECTO DE LA OBRA VIAL

Etapas del Ciclo de Proyecto	Tareas Viales	Instrumentos de Evaluación y Gestión Ambiental
Planeamiento	Planificación y Categorización del Proyecto	Evaluación Ambiental Estratégica
		Estudio Ambiental Expeditivo
Proyecto	Anteproyecto	Estudio de Impacto Ambiental Preliminar
	Proyecto Definitivo	Estudio de Impacto Ambiental
Obra	Contratación y Construcción	Plan de Manejo Ambiental para la Construcción (incluye Monitoreo Ambiental)
Mantenimiento y Operación	Mantenimiento y Operación	Plan de Manejo Ambiental para el Mantenimiento y la Operación (incluye Monitoreo Ambiental) Supervisión y Auditoría Ambiental

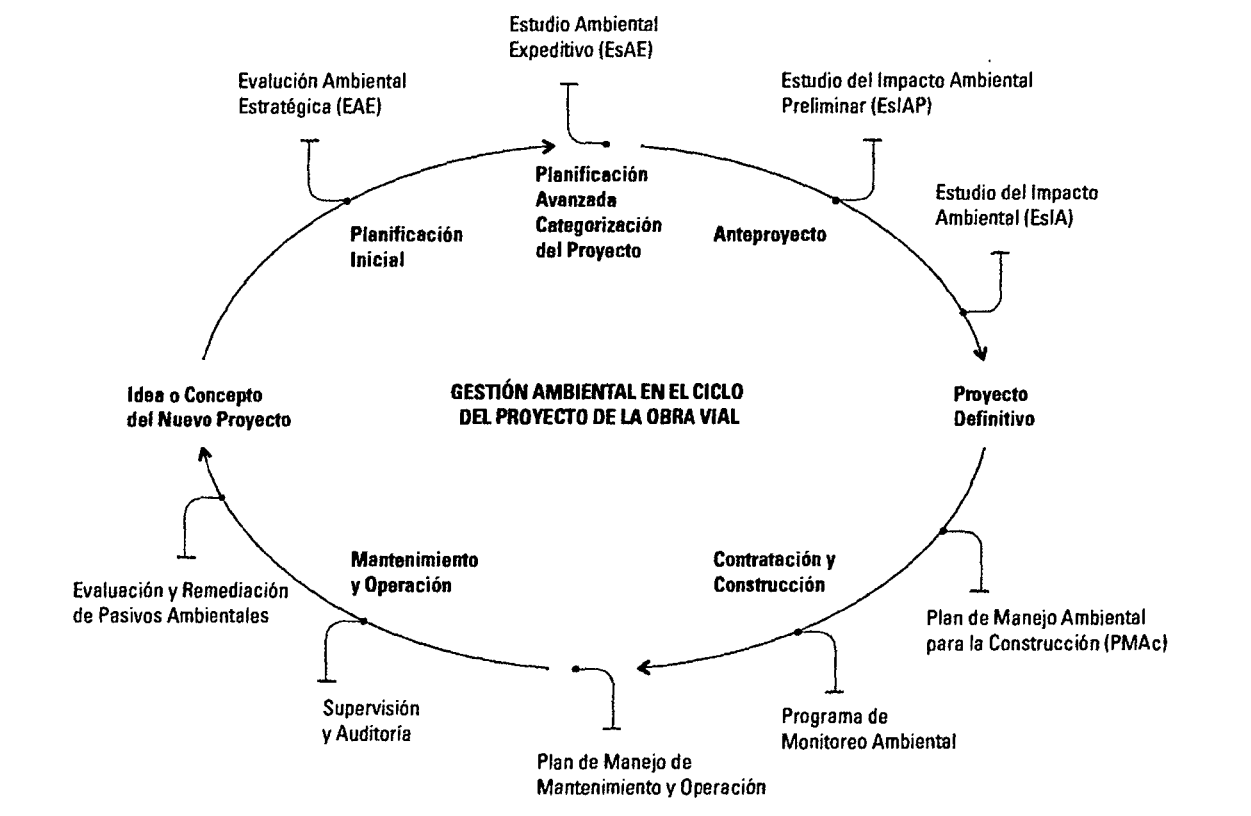


Figura 3. Ciclo del Proyecto de la Obra Vial

• Etapas en el Ciclo del Proyecto y Tareas Viales | • Instrumentos de Evaluación y Gestión Ambiental | → Ciclo de Proyecto de la Obra Vial

3.1.3.2. Según Sensibilidad Ambiental del Medio Natural

La caracterización de un proyecto vial debe considerar los componentes más sobresalientes del patrimonio natural y de los ecosistemas de la Argentina. Se han identificado un conjunto de aspectos y atributos indicadores de una situación de fragilidad o inestabilidad del medio ambiental natural.

El Anexo V de esta Sección I, presenta la sensibilidad ambiental del Medio Receptor (Natural) para la obra vial junto con una Clasificación de las Eco-regiones

3.1.3.3. Según el Patrimonio Natural y Cultural

Además de la Sensibilidad del Medio Receptor la caracterización de un proyecto vial debe considerar que las prevenciones ambientales deben intensificarse si el proyecto atraviesa un sitio sensible como puede ser un territorio o asentamiento indígena, una zona de valor especial desde el punto de vista paisajístico o para la conservación de la naturaleza, como puede ser un área natural protegida o un sitio de valor patrimonial reconocido internacionalmente (por ejemplo un sitio inscripto en la lista de Patrimonio Mundial de la UNESCO, un sitio incorporado a la lista de la Convención de Humedales o Convención Ramsar, una Reserva de la Biosfera del Programa “El Hombre y la Biosfera” de la UNESCO), un yacimiento arqueológico, paleontológico o mineralógico de importancia o un sitio de importancia cultural, histórica o antropológica.

3.1.4. Determinación de Tipologías de Obra según Componentes y Acciones

La tipología de acciones propuesta en forma preliminar comprende:

Obras Nuevas:

Incluyen una nueva traza⁷ y requieren expropiaciones de tierras para todo el tramo o parte del mismo. Incluyen nuevos proyectos viales, construcción de circunvalaciones (“by passes”) y rectificaciones de traza.

Obras de Mejoramiento:

Se refieren al mejoramiento del diseño de la vía, como ampliación de banquetas, mejoramiento de curvas o reforzamiento de puentes. También se trata de obras que implican un cambio de categoría, en función de su jerarquía, de camino secundario a primario, o en función del tipo de pavimento, como duplicación de calzada, cambio en la superficie de rodadura o ampliación de intersecciones. La mayoría se realiza en la traza existente o en la zona de camino.

Las obras de mejoramiento pueden dividirse en dos tipos, que implican diferentes requerimientos de EslA según la sensibilidad del medio receptor. El tipo 1 incluye el aumento de nuevos carriles, adición de nuevos carriles en zonas de pendiente, cambio en la superficie de rodadura. El tipo 2, la ampliación de bermas, hombros o banquetas, mejoramiento de curvas, reforzamiento de puentes, ampliación de intersecciones.

Obras de Mantenimiento:

Se relacionan con la realización de trabajos de rutina en la estructura existente para mantener buenas condiciones de servicio, como bacheo y limpieza de drenajes, señalización y mantenimiento de puentes.

De acuerdo a estos tres tipos globales de proyecto se agrupan los impactos generados por las obras y la eventual exposición de la nueva infraestructura a las agresiones del ambiente.

Los principales componentes y procesos de la obra vial se presentan en la Parte B de esta Sección I, con un formato correspondiente a las filas de una matriz de evaluación de impactos, diferenciado los contenidos según las tipologías mencionadas precedentemente.

⁷ Las obras con apertura de nueva traza requieren estudios ambientales más detallados, especialmente en la etapa de Planeamiento y Proyecto, así como de Audiencia Pública.

3.1.5. El Área de Influencia

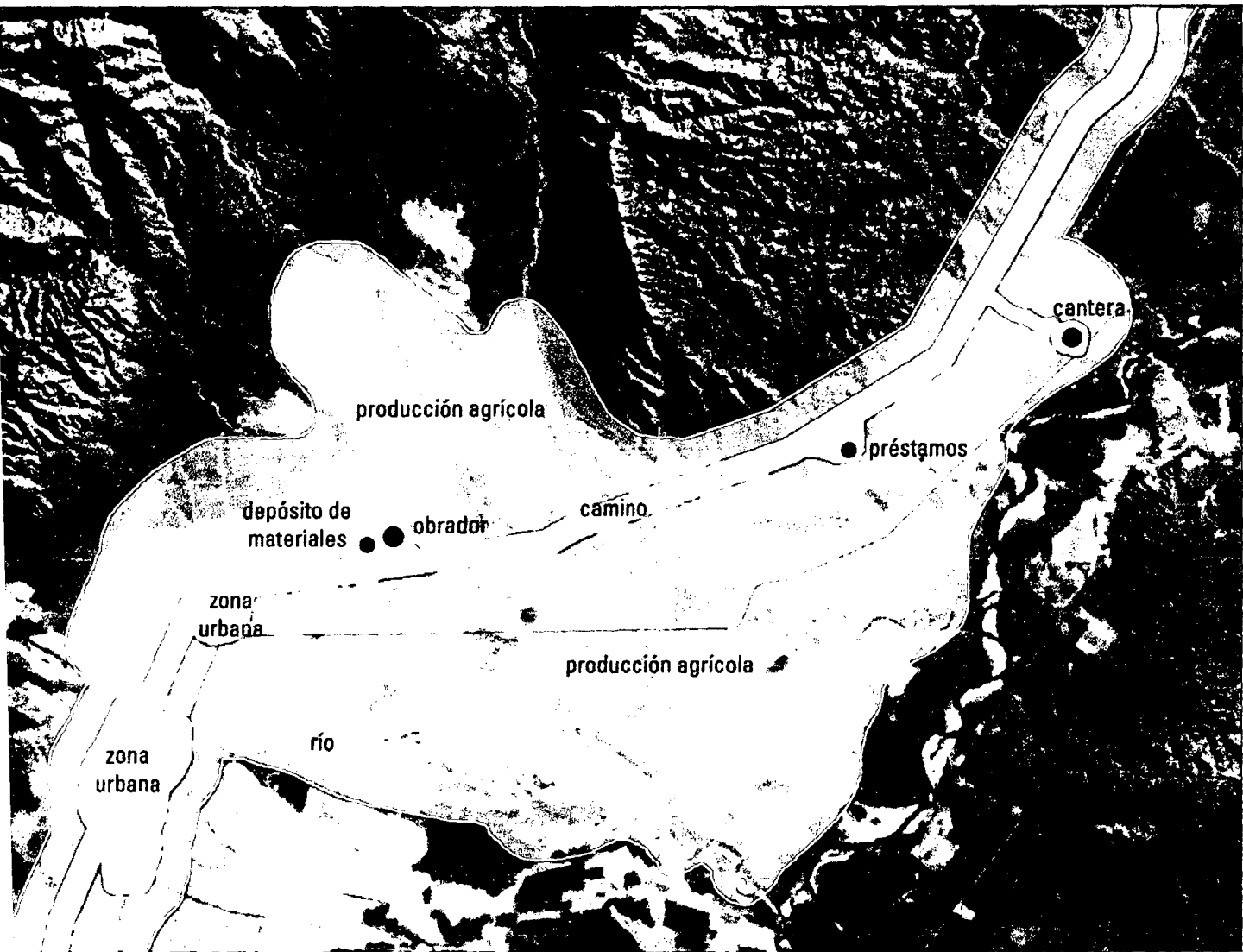
3.1.5.1. Definición del Área de Influencia

Su delimitación debe ser realizada por un equipo interdisciplinario que evalúe la extensión del espacio donde se manifiestan en forma significativa los impactos de la obra.

Los efectos sobre el Área de Influencia pueden manifestarse posteriormente a la construcción de la obra

debido a la ocurrencia de cadenas de causa-efecto o cadenas causales complejas que incluyan más de una etapa en la relación causa efecto entre la obra vial y el ambiente. Estas modificaciones, positivas o negativas, pueden producirse en diferentes plazos de tiempo, en forma difusa o concentrada, como consecuencia de la acción a lo largo del tiempo de uno o más procesos ambientales que pueden actuar en forma independiente, concurrente o sinérgica.

Figura 4. Ejemplo de delimitación de las áreas de influencia directa para una obra vial hipotética



Referencia:

Áreas de influencia

área operativa

área de influencia directa

ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA

Abarca la porción, sector o componente del medio receptor que probablemente se verá afectada directa e indirectamente por la planificación, construcción u operación de la obra vial y de todos sus aspectos subordinados.

Puede incluir: ▢ **áreas ubicadas aguas abajo**, que podrían verse afectadas por el escurrimiento superficial o subterráneo, el transporte de sedimentos y de eventuales contaminantes.

- ▢ **zonas necesarias para el reasentamiento** de población o extensiones de terrenos compensatorios.
- ▢ **la cuenca aérea**, afectada por la contaminación, como gases, humos o polvos.
- ▢ **zonas utilizadas para actividades de sustento** (caza, pesca, pastoreo trashumante, recolección o agricultura) o para propósitos religiosos o ceremoniales de tradición.
- ▢ **zonas donde se manifiestan consecuencias derivadas** de la operación de canales, drenajes, túneles, caminos de acceso, zonas de relleno y de eliminación de desechos, y campamentos de construcción.
- ▢ **áreas afectadas por actividades no planeadas** e inducidas por el proyecto, como asentamientos espontáneos.

ÁREA DE INFLUENCIA INDIRECTA

Puede incluir: ▢ **áreas afectadas por cambios** ocasionados en el transporte de personas, bienes y servicios a través de las rutas migratorias y comerciales como consecuencia de la operación del nuevo emprendimiento vial. Otros ejemplos pueden ser modificaciones en el uso del suelo debido a las oportunidades de acceso generadas para la instalación de corredores de transmisión de energía, ductos, explotación forestal o ganadera, agricultura migratoria y asentamientos poblacionales a lo largo de la obra vial.

- ▢ **zonas afectadas por la generación de posibles rutas migratorias** de fauna silvestre, especialmente las relacionadas con la salud pública (zoonosis), las actividades económicas o la conservación de la naturaleza.
- ▢ **zonas afectadas por la fragmentación o desaparición de corredores ecológicos o biogeográficos**, utilizados en los desplazamientos cotidianos o estacionales de la flora y fauna silvestres.

3.1.5.2. Definición del Área Operativa

El Área Operativa, incluida en el Área de Influencia Directa, comprende el conjunto de porciones del territorio donde se ejecutan las acciones principales y complementarias necesarias para la construcción y operación de la obra vial. Aquí se concentran los impactos ambientales producidos en forma directa e inmediata, vinculados fundamentalmente a la Etapa de Construcción, aunque también incluyen los correspondientes a su funcionamiento.

El Área Operativa es el principal escenario de los impactos del Proyecto, lo cual determina la necesidad de un conocimiento de su situación ambiental (diagnóstico ambiental o línea de base) de mayor detalle que para el Área de Influencia (ver recuadro "Área operativa").

3.1.6. Supervisión, Auditoría y Control

3.1.6.1. Supervisión

Hace el control periódico y rutinario, relacionado con el cumplimiento de las obligaciones del Contratista en relación con la gestión ambiental de la obra.

Los alcances, metodología y productos de la Supervisión se describen en la **Parte B** de esta **Sección I**.

3.1.6.2. Auditorías

Es una herramienta de gestión para analizar y evaluar todos los aspectos ambientales significativos del desempeño de la Empresa Contratista (en el caso de la construcción o mantenimiento) o la entidad responsable (para la operación) en una obra determinada.

Su principal objetivo es facilitar la gestión y el control del cumplimiento de las Medidas de Mitigación resultantes del EsIA precedente, de las Especificaciones Técnicas Ambientales incluidas en el contrato vigente, del Plan de Manejo Ambiental que debe implementarse y de toda otra nueva solicitud ambiental de la Supervisión debidamente fundamentada. La Auditoría debe identificar, analizar y justificar las

medidas adoptadas para mitigar los impactos negativos del Proyecto y proponer las mejoras que considere necesarias para mejorar su sustentabilidad. También debe evaluar el cumplimiento de la legislación ambiental de aplicación para la obra en cuestión. Los alcances, metodologías, herramientas de medición e indicadores para el seguimiento de la gestión ambiental de la obra y productos de las Auditorías se describen en la **Parte B** de esta **Sección I**.

3.1.7. Articulación de Gestión Ambiental de la Obra Vial en los Ámbitos Nacionales y Provinciales

Las Políticas Ambientales de la DNV aportan los aspectos viales para la planificación y ejecución de las Políticas Nacionales en materia de ambiente y desarrollo sustentable. Ello requiere de la adecuada interrelación y articulación con el organismo específico, la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, y con otros organismos del ámbito nacional, como el Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios, el Ministerio de Salud y Ambiente, el Ministerio de Desarrollo Social, el Ministerio de Economía y Producción y la Administración de Parques Nacionales, siendo la Jefatura de Gabinete de Ministros un importante ámbito de coordinación intersectorial.

En el ámbito federal se destacan dos instancias principales de articulación: el Consejo Vial Federal y el COFEMA. Los objetivos del Consejo Vial Federal son estudiar y coordinar la obra vial del país y considerar y proponer soluciones a los problemas de interés común, alentando los programas de asistencia técnica para mejorar las actividades de planeamiento, diseño, programación y ejecución de las obras viales. El COFEMA, como ámbito de concertación, se propone entre otros objetivos

exigir y controlar la realización del EsIA en emprendimientos de efectos interjurisdiccionales. A nivel provincial ya se ha mencionado el importante rol de articulación de los CEGA como referentes de la temática ambiental en los Distritos de la DNV ante Organismos Jurisdiccionales (Vialidades Provinciales, Organismo Ambiental Provincial) y demás Organismos Sectoriales.



AREA OPERATIVA

Comprende el territorio necesario para la construcción y operación de la obra vial, tanto por las componentes principales como complementarias.

Debe considerar al menos:

- **El esquema de desarrollo propuesto:** carretera nueva o modificación de una existente. En ese caso es deseable que la evolución de la vieja traza se considere en relación con las funciones que serán modificadas o abandonadas.
- **El cruce con otras rutas o infraestructuras** de transporte, áreas de descanso, áreas de servicio y mantenimiento, esquemas de escurrimiento directo de las aguas.
- **Las consecuencias directas** en otros lugares del territorio en función de acciones como la apertura de préstamos y canteras o la creación de depósitos de materiales sin uso, entre otros.
- **Los obradores, los depósitos de materiales, las playas de maniobras y estacionamiento, las plantas de tratamiento de materiales,** los campamentos de trabajadores con sus instalaciones sanitarias, la apertura y operación de accesos temporarios, y todos los sitios de trabajo que pueden tener efectos sobre el ambiente.



4. Estudios Ambientales en el Ciclo del Proyecto de la Obra Vial

4.1. Introducción

El Ciclo del Proyecto de la Obra Vial debe incorporar la dimensión ambiental a lo largo de sus diferentes etapas. La Gestión Ambiental se manifiesta a través de un conjunto de acciones preventivas y correctivas dirigidas a lograr la máxima racionalidad y sustentabilidad en el proceso de decisión, tendiente a compatibilizar los objetivos de la obra vial con la conservación del ambiente, a partir de un enfoque interdisciplinario y global.

La Gestión Ambiental en la DNV incluye instancias de estudio, evaluación, planificación, participación pública (por ejemplo procesos consultivos y audiencia pública), ajuste del proyecto, autorización de la autoridad de aplicación, manejo ambiental durante la materialización de la obra, mantenimiento y operación, monitoreo ambiental y restauración de pasivos ambientales.

4.2. Identificación de Estudios Ambientales y Responsables según Etapa del Ciclo del Proyecto

La Figura 3 (pág. 53) muestra el sistema de planeamiento para el Ciclo del Proyecto y las recomendaciones para desarrollar la gestión ambiental del mismo.

Como se presentó en puntos anteriores, el Ciclo del Proyecto se compone de los diferentes y sucesivos estadios de evolución del proyecto, identificados a través de su progresiva consolidación en la definición de la localización, escala, tecnología, insumos y productos, desde la concepción hasta su cierre material.

En la práctica profesional pueden presentarse diferencias de nomenclatura en las Etapas del Ciclo de Proyecto o en sus contenidos, según el marco legal-institucional de aplicación provincial o nacional (Cuadro 2., pág. 60).

CUADRO 2. OBJETIVOS Y ESTUDIOS AMBIENTALES POR ETAPAS DEL CICLO DE PROYECTO DE LA OBRA VIAL					
Etapa	Tarea Vial	Acciones / Decisiones a tomar	Objetivos ambientales	Instrumentos de Gestión Ambiental	Responsable de la Tarea Ambiental
Planeamiento	Planificación	Prefactibilidad	Prevención - Predicción- Decisión - Identificación y Análisis de Alternativas Viables - Coordinación y Consenso con Dependencias Internas y Externas - Instancia de Participación - Definición del alcance para el EsAE	Evaluación Ambiental Estratégica (EAE)	DGA (coordinado con otras áreas de la DNV y otras reparticiones)
		Identificación de alternativas a estudiar			
		Categorización de Proyectos	Definición de los alcances de los estudios ambientales - Definición de TdR para el EsIAP	Estudio Ambiental Expeditivo (EsAE)	DGA
Proyecto	Anteproyecto	Traza	Predicción - Prevención Inclusión de criterios ambientales en el diseño vial definitivo y en la planificación de las tareas de construcción, mantenimiento y operación. Identificación y valoración de los impactos ambientales negativos y delineación de los contenidos mínimos de los Planes de Manejo Ambiental.	Estudio de Impacto Ambiental Preliminar (EsIAP) TdR para el Estudio de Impacto Ambiental (EsIA)	DGA
		Afectaciones de diferentes usos del suelo			
	Proyecto Definitivo	Diseño de Obra Básica	Predicción - Prevención	Estudio de Impacto Ambiental (EsIA), TdR del Plan de Manejo Ambiental Básico (PMA)	DNV
			Inclusión de criterios ambientales en el diseño vial definitivo y en la planificación de las tareas de construcción, mantenimiento y operación. Identificación y valoración de impactos ambientales negativos y delineación de los contenidos mínimos de los Planes de Manejo Ambiental.	TdR para el Plan de Manejo Ambiental para la Construcción (PMAc)	Consultoras Externas Empresas Contratistas
Obra	Construcción	Ubicación de Obradores y de acciones complementarias	Prevención - Corrección - Mitigación - Control	Plan Manejo Ambiental para la Construcción (PMAc) (incluye Monitoreo Ambiental) Control - Auditoría	Empresas Contratistas
		Métodos constructivos			
Mantenimiento y Operación	Mantenimiento y Operación	Conservación zona camino, calzadas, etc.	Prevención - Remediación - Mitigación - Control	Plan Manejo Ambiental para el Mantenimiento y la Operación (PMAm y PMAo), (incluye Monitoreo Ambiental) Control - Auditoría	Empresas Contratistas
					DNV Concesionarias

En la *Figura 3*, pueden identificarse las diferentes instancias de recomendaciones o necesidades de estudios ambientales a emprender en cada una de las etapas de ciclo de proyecto de la obra vial.

El carácter preventivo del proceso de EIA permite detectar problemas previos a la realización del diseño definitivo del proyecto y a la ejecución de las obras, y por tanto, introducir los cambios necesarios para asegurar la sustentabilidad de las obras a través de la consideración de pautas de diseño adecuadas y

de la introducción de medidas correctivas.

A lo largo del ciclo del emprendimiento vial se aplican los siguientes conceptos y herramientas de Gestión Ambiental:

- Evaluación de Impacto Ambiental (EIA):** es el procedimiento jurídico - técnico - administrativo (ver *Figura 3*, pág. 53), que tiene por objetivo la identificación, predicción e interpretación de los impactos ambientales que un proyecto o actividad produciría

en caso de ser ejecutado, así como la prevención, corrección y valoración de los mismos, todo ello con el fin de ser aceptado, modificado o rechazado por parte de las distintas Administraciones Públicas Competentes. Es un instrumento al servicio de la decisión y no un instrumento de decisión.

La EIA es un proceso que atiende a dos vertientes complementarias. Por un lado establece el procedimiento jurídico-administrativo para la aprobación, modificación o rechazo de un Proyecto o actividad, por parte de la Administración. Por el otro, trata de elaborar un análisis encaminado a predecir las alteraciones que el Proyecto puede producir en la salud humana y el ambiente (EslA). (Fuente: "Glosario Ambiental", SAYDS).

- **Evaluación Ambiental Estratégica (EAE):** Es un procedimiento que tiene por objeto la evaluación de las consecuencias ambientales que determinadas políticas, planes y programas pueden producir en el logro de un desarrollo sustentable. Su aplicación para la evaluación de planes y programas de obras viales debe ser de escala regional, sobre el área de influencia y en base a guías de análisis preexistentes, y sus futuros ajustes. En su implementación deben participar las áreas pertinentes de la DNV junto a la Unidad Ambiental.
- **Estudio Ambiental Expositivo (EsAE):** La finalidad de esta Evaluación, en la Etapa de Planeamiento, es que la DNV obtenga en forma expositiva y sencilla un diagnóstico preliminar de las principales interrelaciones entre la obra y su ambiente. Sobre la base de esta información se estimarán los potenciales efectos negativos de la obra sobre el ambiente y el nivel de detalle del estudio requerido posteriormente para su adecuado manejo. Su aplicación es de escala intermedia entre la regional y local, sobre el área de influencia y sobre la base de las metodologías existentes (y sus futuros ajustes), y cuyos contenidos y alcances (términos de referencia) son definidos por la DNV con la asistencia de la Unidad Ambiental.

- **Estudio de Impacto Ambiental Preliminar (EslAP):**

Es el estudio técnico de carácter interdisciplinario que, incorporado en el procedimiento de la EIA (ver *Figura 3*, pág. 53), está destinado a predecir, identificar, valorar y corregir las consecuencias o efectos ambientales que determinadas acciones pueden causar sobre la calidad de vida de la sociedad. Su aplicación es de escala intermedia entre la regional y local, sobre el área de influencia del emprendimiento. Se aplica durante la elaboración del Anteproyecto y su función es predictiva y preventiva.

- **Estudio de Impacto Ambiental (EslA):** es el estudio técnico interdisciplinario que, incorporado en el procedimiento de EIA (ver *Figura 3*, pág. 53), está destinado a predecir, identificar, valorar y corregir,

las consecuencias o efectos ambientales que determinadas acciones pueden causar sobre la calidad de vida de la sociedad. Es el documento técnico que debe presentar el titular del proyecto, y sobre la base del que se produce la Declaración de Impacto Ambiental (DIA). El EslA deberá identificar, describir y valorar de manera apropiada, y en función de las particularidades de cada caso concreto, los efectos notables previsibles que la realización del proyecto produciría sobre los distintos aspectos ambientales.

- **Medidas de Mitigación (MM):** Es el conjunto de acciones de prevención, control, atenuación, res-

tauración y compensación de impactos ambientales negativos que deben acompañar el desarrollo de un proyecto para asegurar el uso sustentable de los recursos naturales y la protección del ambiente. Surgen del EslA y se incorpora su seguimiento en el Plan de Manejo Ambiental. Las MM pueden ser de implementación simultánea o posterior a la ejecución del proyecto o acción.

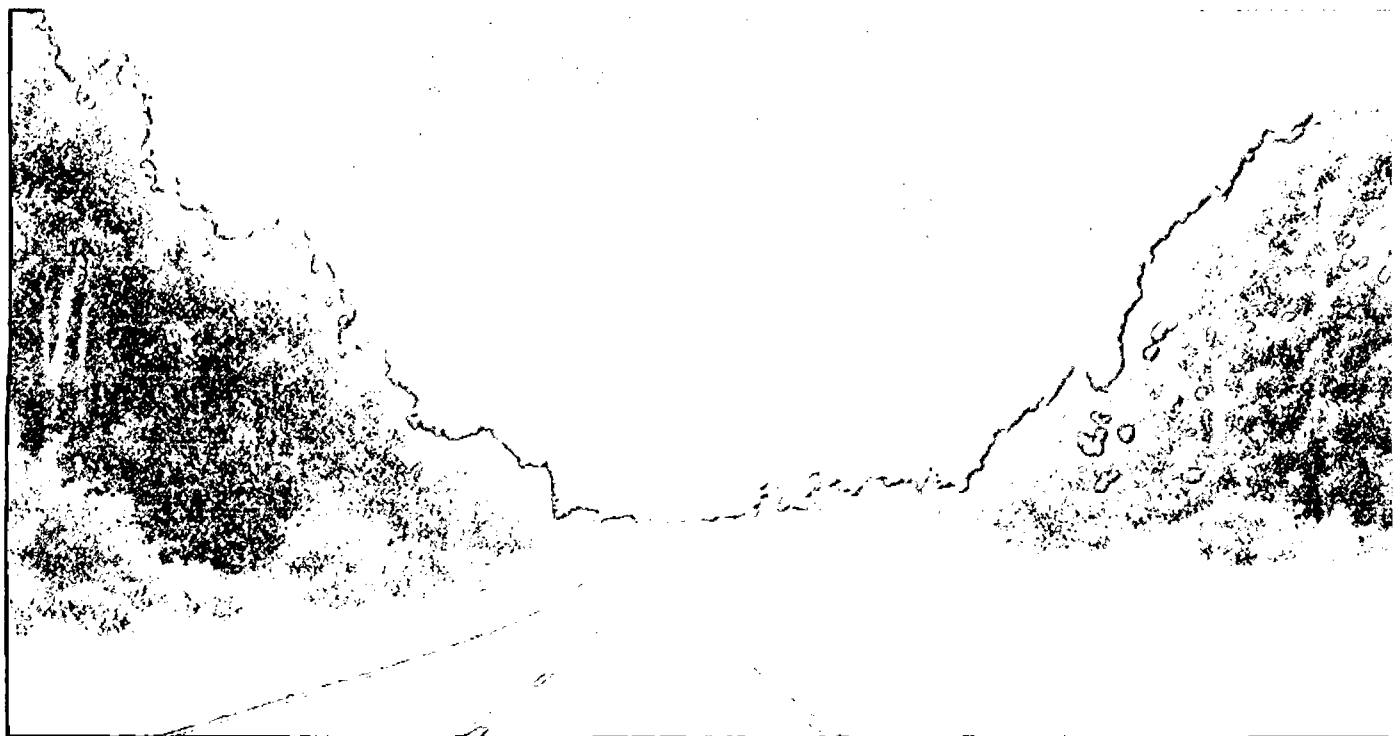
- **Declaración de Impacto Ambiental (DIA):** es el pronunciamiento del organismo o autoridad com-

petente en materia de ambiente. Se realiza sobre la base del EslA, alegatos, objeciones y comunicaciones resultantes del proceso de participación públi-

ca y consulta institucional, en el que se determina, respecto a los efectos ambientales previsibles, la conveniencia o no de realizar la actividad proyectada y, en caso afirmativo, las condiciones que deben establecerse en orden a la adecuada protección del ambiente y los recursos naturales.

o **Plan de Manejo Ambiental (PMA) y Monitoreo Ambiental:** El Plan de Manejo Ambiental puede considerarse como una parte del Plan de Gestión Ambiental. Es el plan operativo que contempla la ejecución de prácticas ambientales, la consideración de medidas de mitigación provenientes de la aprobación de la autoridad competente, la prevención de

riesgos, de contingencias y la implementación de sistemas de información ambiental para el desarrollo de proyectos a fin de cumplir con las especificaciones técnicas, la legislación ambiental y garantizar que se alcancen los estándares que se establezcan. Su aplicación es predominantemente a escala local y sobre el área operativa, aunque no debe excluirse la consideración del área de influencia si la complejidad del caso lo justifica. El PMA se desarrolla para las instancias de Construcción (PMAc), de Mantenimiento (PMAm) y de Operación (PMAo). Sus contenidos y su cumplimiento son responsabilidad de la DNV y es materializado por la Empresa Contratista o entidad responsable.



5. Impactos Ambientales de las Obras Viales

5.1. Definición de Impactos Ambientales

Puede definirse al impacto ambiental como la modificación neta (positiva o negativa) de las condiciones, calidad o aptitud del ambiente producida por una acción, proyecto u obra.

Es la diferencia entre la situación futura del ambiente modificado como consecuencia de la realización del proyecto, y la situación futura del ambiente tal como habría evolucionado normalmente sin tal actuación. Esta modificación puede afectar tanto sus componentes como los procesos que se desarrollan en el sistema ambiental considerado.

Un impacto ambiental es toda alteración de las propiedades físicas, químicas y biológicas del ambiente, causada por cualquier forma de materia o energía resultante de las actividades humanas que, directa o indirectamente, afectan: a) la salud, la seguridad y el bienestar de la población; b) las actividades socioeconómicas; c) los ecosistemas; d) las condiciones

estéticas y sanitarias del ambiente; e) la calidad de los recursos naturales.

Si bien se reconoce que toda actividad humana tiene efectos sobre el ambiente, solamente algunos de ellos se consideran suficientemente significativos como para considerarse impactos ambientales.

5.2. Caracterización de los impactos según diferentes atributos

La identificación y valoración de los principales impactos ambientales de la Obra vial debe efectuarse a través de una reflexión abarcativa de toda la complejidad del Proyecto y su medio receptor. Cada impacto ambiental puede ser caracterizado por una serie de atributos que se presentan a continuación, aunque no es frecuente la consideración simultánea de todas estas clasificaciones. En algunos casos el marco normativo vigente define cuáles deben ser considerados. En otros, es el equipo técnico responsable de los Estudios Ambientales quien lo define.

Según su carácter o signo, los impactos pueden clasificarse como positivos o negativos respecto al estado previo a la acción; o sea si es beneficioso o perjudicial, siempre interpretado desde una óptica antropocéntrica y desde el marco del estudio en cuestión:

- **Impactos positivos:** identificados por la comunidad técnica y científica y por la población en general, en el contexto de un análisis de los costos y beneficios genéricos y de los aspectos externos de la actuación contemplada. Significan beneficios ambientales, tales como acciones de saneamiento o recuperación de áreas degradadas, el fortalecimiento de las aptitudes o potencialidades del ambiente o la mejora de las condiciones de vida de la población.
- **Impactos negativos:** su efecto se traduce en la reducción o pérdida actual o potencial del patrimonio o capital natural, social, físico (equipamiento e infraestructura), estético-cultural, paisajístico, de la productividad de los ecosistemas o agroecosistemas, de su capacidad de uso, o en un aumento de las restricciones ambientales (por ejemplo derivados de la contaminación o de la erosión) o de incrementos en los riesgos ambientales.
- Como complemento deben considerarse también los **impactos de signo variable**, sobre los cuales no se puede predecir su cualidad o resultado definitivo ya que depende de otras variables o impactos que actúan de diferente forma (positiva o negativa) sobre diversos componentes del ambiente.

Según su duración pueden clasificarse como:

- **Impactos temporarios:** suponen una alteración no permanente en el tiempo, con un plazo de manifestación por lo general corto; generalmente coincide con la duración de la acción que lo provoca.
- **Impactos permanentes:** suponen una alteración prolongada en el tiempo, incluso aunque se interrumpa la acción causante inicial.

- **Impactos intermitentes:** se manifiestan en forma discontinua en el tiempo.

Los impactos también pueden clasificarse según su magnitud, absoluta o relativa, valorada cuantitativamente, por ejemplo, a través de la extensión territorial, la cantidad de personas o elementos afectados, la magnitud o la intensidad del agente impactante, o el porcentaje de superación de una norma.

Los parámetros signo, duración y magnitud suelen ser los valorados con más frecuencia. Es importante identificar otros, que deberán ser considerados de acuerdo a las características del caso de estudio, como el carácter espacial o localización, la probabilidad de ocurrencia, la causalidad u origen del impacto, el momento de aparición del impacto, o la reversibilidad del impacto.

Según el carácter espacial o localización, los impactos pueden caracterizarse como:

- **Impactos concentrados, locales o focalizados:** se producen en un entorno estrecho del foco de origen.
- **Impactos dispersos o difusos:** se manifiestan en una zona más o menos extensa, con o sin solución de continuidad.

Debido a que los EslA son siempre la construcción de un escenario futuro, siempre debe considerarse su carácter probabilístico y la incertidumbre acerca de la evolución real del sistema. Si bien todavía no son muy frecuentes, cada vez son más los estudios que estiman el riesgo del impacto según su probabilidad de ocurrencia (**impactos aleatorios y predecibles**).

Según el modo en que se producen dentro de una cadena causal, los impactos pueden clasificarse en:

- **Impactos directos o primarios:** causados por una acción del Proyecto, al mismo tiempo y en el mismo lugar que ella. Son generalmente más fáciles

de inventariar, evaluar y controlar que los impactos indirectos, ya que la relación causa-efecto es por lo común bastante obvia.

- **Impactos indirectos o secundarios:** se manifiestan como consecuencia de otros cambios preexistentes en la cadena causal. Corresponden a efectos potenciales de los cambios primarios que pudiesen ocurrir posteriormente, o en lugares. Los impactos indirectos son más difíciles de medir, y a largo plazo pueden ser mucho más importantes.

Según el momento de aparición o manifestación del impacto, pueden distinguirse:

- **Impactos de corto plazo o inmediatos.**
- **Impactos de largo plazo o mediatos.**

Otra clasificación se basa en la reversibilidad del impacto, teniendo en cuenta la posibilidad de retornar a la situación anterior a la acción por los propios mecanismos de regulación y restauración del ambiente, una vez que han cesado las acciones causantes del impacto. Hay impactos reversibles e impactos irreversibles o terminales. Un impacto irreversible por causas naturales puede ser revertido por acciones de restauración.

Otro criterio de caracterización de impactos menos frecuente, pero necesario de considerar en algunos casos, se basa en la interrelación de acciones, efectos y/o respuestas del ambiente:

- **Impacto simple:** su impacto se manifiesta sobre un solo componente ambiental, o su modo de acción es individualizado, sin consecuencias en la inducción de nuevas alteraciones, ni en la de su acumulación ni en la de su sinergia.

- **Impactos acumulativos:** resultantes del impacto incrementado de la acción propuesta sobre algún recurso común cuando se añade a acciones pasadas, presentes y razonablemente esperadas en el futuro, provenientes de otro proyecto.

- **Impactos sinérgicos:** su existencia simultánea produce consecuencias mayores a la simple suma de los impactos individuales. La interacción y potenciación de estos impactos suele ser frecuente, por ejemplo, en procesos de erosión de suelo o contaminación ambiental.

La variabilidad de posibilidades de proyectos, desde un puente hasta una ruta de cientos de kilómetros de extensión hace necesario, en cada caso, definir los criterios sobre la base de los cuales se aplican cada uno de los atributos que califican los impactos.

Los criterios y metodologías para la identificación y valoración de los impactos son analizados en la **Parte B** de esta **Sección I**. Allí se presenta también en forma detallada los diferentes impactos potenciales esperables durante el ciclo de Proyecto de la obra vial según factor del medio receptor afectado y según las acciones de la obra.



6. Pautas Ambientales de Diseño y de Gestión

6.1. Pautas Ambientales de Diseño

A continuación se describen las tareas del Proyectista en la Etapa de Planeamiento de la Obra:

- Evitar el trazado de una nueva carretera por áreas de manejo especial protegidas por ley o por zonas ambientalmente sensibles, ya sea por razones de paisaje, patrimonio natural o cultural y localización de pueblos originarios, o áreas donde existan comunidades biológicas especialmente frágiles o valiosas, tales como humedales o hábitats de especies amenazadas, yacimientos arqueológicos, paleontológicos o sitios históricos y arqueológicos. Puede evitarse impactar sobre estos elementos mediante trazados alternativos.
- Definir las trazas de las rutas por donde implique menor destrucción de la vegetación silvestre, preservando o trasladando árboles de gran tamaño o aquellos que oficialmente hayan sido calificados de valor genético, paisajístico o histórico.
- Evitar en lo posible la afectación sobre áreas densamente pobladas para reducir los impactos ambientales sobre la población, evitando la eventual relocalización de personas, el aumento del ruido y de la probabilidad de accidentes a personas y vehículos.
- En caso que sea absolutamente necesario efectuar el trazado por las áreas especificadas en el ítem precedente, deberá verificar especialmente la inclusión de los costos de la aplicación de las medidas de mitigación ambiental necesarias para ese medio receptor, en el análisis de viabilidad económica de la obra.
- Evitar en lo posible la afectación de los territorios, asentamientos y comunidades indígenas, sitios de valor patrimonial, cementerios y demás sitios relevantes para dichas comunidades, a

fin de o reducir los impactos ambientales, evitando la eventual relocalización de personas y el deterioro de la calidad de vida de la población local.

- Conjuntamente con el responsable de la planificación de cada ciudad afectada por la traza de la obra, **determinar las medidas de diseño necesarias para minimizar los impactos actuales y los futuros** en función de los planes de consolidación y expansión urbana.
- **Proyectar las obras compatibilizando su diseño con los requerimientos de futuras obras de infraestructura**, productivos y de uso y ocupación del suelo en las inmediaciones del camino.
- **Diseñar la instalación de obras complementarias de tipo y tamaño adecuado para el paso de la fauna silvestre, ganado, vehículos o peatones**, a fin de minimizar el efecto barrera de la ruta, por ejemplo, cuando disecta un ecosistema valioso, como un humedal o un bosque nativo.
- **Identificar los elementos culturales singulares que pueden ser afectados por el trazado de una nueva obra o la ampliación de una existente**; prever su traslado, estimar costos y definir las acciones correspondientes a ser incluidas en las Especificaciones Técnicas Ambientales.
- **Considerar las características del uso del suelo del área que atraviesa la traza** a fin de minimizar los conflictos entre el tránsito pasante y el local, especialmente en zonas de uso agropecuario intensivo, con presencia de maquinaria agrícola o ganado circulando por la zona de camino.
- En áreas turísticas, áreas naturales protegidas o áreas de valor paisajístico, es recomendable que **los parámetros de diseño geométrico atiendan estos contextos particulares**, a fin de evitar mayores impactos ambientales por predominancia exclusiva de los objetivos tradicionales de dicho dise-

ño (máximas velocidades y mínimos recorridos) por sobre otros criterios de tipo socio-ambiental. El ancho de la zona de afectación directa por construcción de la obra básica, los radios mínimos de curvas, la velocidad directriz y la pendiente máxima longitudinal (y por lo tanto el movimiento de suelos) serán determinantes en la generación de impactos ambientales en estos ambientes sensibles.

- Los parámetros de diseño adoptados para el perfil tipo de obra básica y para el diseño deben **asegurar la sustentabilidad de la zona de camino en relación con los aspectos hidráulicos**, para evitar la generación de problemas de anegamiento, erosión y/o inestabilidad del suelo de la zona de camino, y para garantizar la durabilidad de las obras frente a retornos ambientales.
- Los parámetros de diseño de la traza deben **asegurar la continuidad de los procesos naturales en corredores biológicos** para la fauna silvestre, especialmente para las especies de valor especial.
- **Proyectar las obras minimizando su exposición a las amenazas naturales** y en los casos correspondientes verificar la inclusión de los costos de la aplicación de las medidas de prevención y mitigación ambiental necesarias para ese medio receptor, en el análisis de viabilidad económica de la obra.
- Los parámetros de diseño de la obra deben incluir **los aportes derivados de las instancias de participación pública** a fin de evitar posibles impactos y conflictos sociales.

6.2. Buenas Prácticas en la Gestión de la Obra Vial

Pueden identificarse desde el inicio del Ciclo del Proyecto y corresponden a procedimientos operativos generales que se implementan predominantemente en la Construcción y Operación de la Obra Vial.

También puede considerarse una Buena Práctica, la Difusión y Comunicación del Proyecto, asociadas



RECOMENDACIONES GENERALES PARA TODAS LAS ACCIONES DE LA ETAPA DE OBRA

- El responsable de la obra debe procurar producir el menor impacto ambiental negativo sobre los suelos, las aguas superficiales y subterráneas, la calidad del aire, la fauna y la flora, el patrimonio natural y cultural, las comunidades indígenas, otros asentamientos humanos y el ambiente en general.
- En el caso de realizarse instalaciones o acciones de obra, en terrenos de diversa jurisdicción (estatal, provincial o municipal) el responsable del Proyecto debe respetar lo establecido en la legislación ambiental vigente de esas jurisdicciones.
- Se debe efectuar la restauración del área operativa.
- Se debe cumplir las decisiones tomadas en el diseño del proyecto, respecto de evitar y minimizar la afectación de la población o sus tierras (especialmente la población indígena), por ejemplo, en relación al uso de recursos naturales, disposición de residuos, prevención de la contaminación ambiental, uso y ocupación del suelo, etc.

tanto a la Etapa de Planeamiento o Proyecto como de Obra. Esto incluye la difusión de los objetivos del proyecto a los interesados, afectados, equipos técnicos y autoridades intervinientes, con el objeto de conocer su opinión y obtener una primera aproximación a los eventuales impactos ambientales que pudieran producirse. En general, la aceptación o rechazo del proyecto y las consecuencias que estas actitudes tienen sobre el medio socio-económico suelen ser los impactos tempranos más frecuentes. La participación ciudadana, por ejemplo, a través de una Audiencia Pública, puede ayudar a identificar y prevenir posibles impactos adversos. Las Buenas Prácticas incluyen también la difusión del plan de obra y de las medidas preventivas y correctivas adoptadas en cada uno de los casos.



7. Medidas de Mitigación

Las Medidas de Mitigación (MM) son un conjunto de acciones de prevención, control, atenuación, restauración y compensación de impactos ambientales negativos que deben acompañar el desarrollo de un proyecto para asegurar el uso sustentable de los recursos naturales y la protección del ambiente.

Las MM surgen del EslA y se incorporan dentro de las Especificaciones Técnicas Ambientales, y son de implementación simultánea o posterior a la ejecución del proyecto o acción.

Las Pautas Ambientales de Diseño junto con las Buenas Prácticas y las MM constituyen un conjunto de instrumentos para fortalecer la sustentabilidad ambiental de la Obra Vial.

Las MM están aplicadas predominantemente, a través de ajustes o modificaciones para la adecuación del proyecto, complementando aspectos que no pue-

den ser resueltos a través de las Pautas Ambientales de Diseño aplicadas precedentemente y de la instrumentación de Buenas Prácticas, intrínsecas a la correcta ejecución de todo proyecto vial.

Prioritariamente deben evitarse los impactos negativos y sólo establecer medidas para mitigar aquellos casos en que no se hayan podido soslayar. En la mayoría de los casos, las MM solamente eliminan una parte de la alteración y frecuentemente pueden perderse otros beneficios (económicos, ambientales y sociales) derivados del mantenimiento de las condiciones de base o de la reducción del impacto, como por ejemplo, el aprovechamiento alternativo del espacio, de los recursos naturales, insumos, entre otros.

Aunque los impactos hayan sido identificados y evaluados correctamente en los Estudios Ambientales, éstos no cumplen con sus objetivos si no incorporan de manera explícita las recomendaciones para la eli-

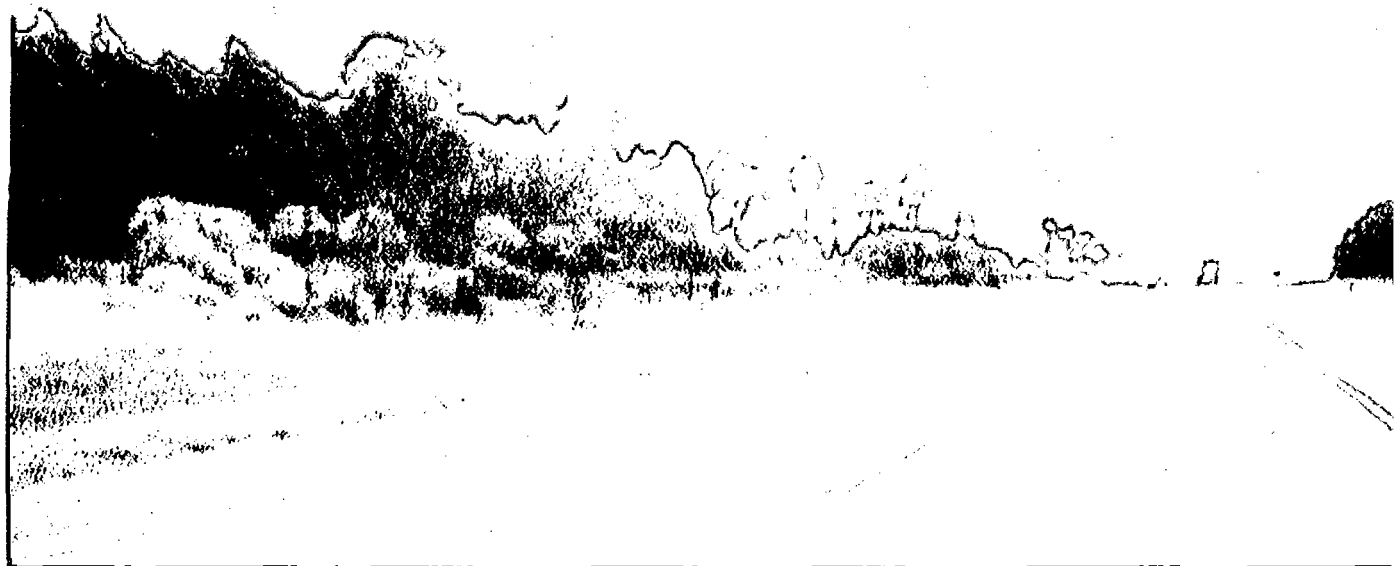
EJEMPLOS DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN

- > **Durante la construcción**, realizar la revegetalización (forestación o praderización) de suelos y taludes, plantación y mantenimiento, preferentemente con especies silvestres sobre las superficies afectadas por los movimientos de suelos y excavaciones, banquinas y taludes.
- > **Durante la construcción y operación**, realizar el retiro o limpieza de materiales sedimentados en las alcantarillas construidas para mejorar el manejo de los recursos hídricos.
- > **Implementación de áreas de descanso**, pasos para fauna, pasa ganado, pasos peatonales, paradas y refugios para el transporte público de pasajeros.
- > **Medidas para la prevención** de derrames de sustancias peligrosas y su escurrimiento hasta cursos de agua.
- > **Medidas retardatorias de escorrentía**, mejoras en el sistema de captación, transporte y transferencia del escurrimiento superficial para disminuir los riesgos de erosión.

minación, neutralización, reducción o compensación de los impactos ambientales negativos. Es importante que tanto las MM como las Buenas Prácticas constituyan un elemento técnico de alta calidad y detallado en los EsIA y que no sean sólo un catálogo de buenas intenciones. Su correcta utilización es lo que le da sentido a la EIA y contribuye a una mejora en la toma de decisiones.

La autoridad de aplicación del marco regulatorio vigente deberá supervisar su cumplimiento con el objeto de conservar y proteger el ambiente y la calidad de vida de la población involucrada.

En la **Parte B** de esta **Sección I** se desarrollan con mayor detalle las MM.



8. Costos Ambientales

8.1. Introducción a los Beneficios y Costos Ambientales de la Obra Vial

La construcción de carreteras nuevas⁸, la rehabilitación de existentes y el mejoramiento o cambio de categoría de la infraestructura vial involucran la utilización de recursos económicos, pero también pueden involucrar efectos ambientales colaterales que originan consecuencias económicas adversas en el proceso de generación de beneficios por parte del transporte.

El análisis socio-económico de los proyectos de infraestructura necesita superar la evaluación económica tradicional, incorporando los costos de los impactos negativos sobre la naturaleza y el ambiente, que según los casos pueden significar importantes externalidades negativas.

La sustentabilidad ambiental requiere de la continuidad de los procesos naturales que incluyen la reproducción de sus recursos y el mantenimiento de los procesos

ecológicos esenciales, como un reaseguro de la continuidad de la disponibilidad de los bienes y servicios ambientales que la naturaleza presta a la sociedad.

Surge entonces la necesidad de ampliar y actualizar las metodologías de evaluación de una obra vial, considerando tanto los beneficios y ahorros como los costos en los campos económicos, sociales y ambientales.

Los costos ambientales, predominantemente externalizados hacia el conjunto de la sociedad y frecuentemente no pagos por los beneficiarios de las obras viales, inciden de diferente forma en la pérdida del capital natural y social existente o en sus procesos de producción o regeneración, iniciando un cambio en el

⁸ Banco Mundial. Las Carreteras y el Medio Ambiente. Un Manual. WB Technical Papers N° 376. Capítulo 19. Valoración económica de los impactos ambientales de un proyecto vial.

funcionamiento del ambiente hacia condiciones de degradación o agotamiento.

La ejecución de un proyecto vial genera diferentes beneficios⁹ asociados con la reducción en los costos de transporte de los usuarios. A esta evaluación tradicional deben incorporarse los ahorros generados preventivamente al aplicar las pautas ambientales de diseño, las buenas prácticas de gestión ambiental y las medidas de mitigación necesarias. Sus efectos positivos se manifiestan como ahorros en el capital natural y social y en el capital físico (infraestructura y equipamiento). Un mismo esquema debe aplicarse a los

ahorros económicos, sociales y ambientales en general, derivados de la aplicación del Plan de Manejo Ambiental, de la Supervisión y del Monitoreo Ambiental durante las Etapas de Operación y Mantenimiento.

Sin embargo deben reconocerse las dificultades y limitaciones metodológicas existentes para la cuantificación de estos beneficios y ahorros, cuya incorporación a la evaluación de proyectos viales deberá ser progresiva.

⁹ Programa de Pasos Fronterizos y Corredores de Integración (AR-0202) Reglamento Operativo. DNV.



9. Pasivos Ambientales. Vulnerabilidad Ambiental de la Obra Vial

9.1. Pasivos Ambientales

9.1.1. Introducción y Definiciones

El pasivo ambiental puede definirse como el conjunto de los daños ambientales (deterioro de los recursos y de los ecosistemas) producidos por una organización o actividad, durante su funcionamiento ordinario o por accidentes imprevistos, a lo largo de su historia. Puede definirse también como el conjunto de daños ambientales realizados cuyos gastos compensatorios son transferidos por el causante a la sociedad a lo largo de su historia.

El pasivo ambiental aplicado a la obra vial está constituido por:

- Las externalidades generadas por la existencia previa de la ruta (en un escenario precedente de la obra vial anterior a la gestión actual) sobre terce-

ros (medio físico, biótico, socioeconómico y cultural), producto de procesos anteriores no remediados, o por la falta adecuada de mantenimiento.

- Las consecuencias o impactos negativos generados por terceros sobre la carretera, de los cuales no siempre es posible identificar los responsables o agentes causantes. La DNV incorpora su corrección en defensa de la carretera y de sus usuarios (DNV, Reglamento Operativo, Programa de Pasos Fronterizos y Corredores de Integración).

9.1.2. Localización de los Pasivos Ambientales

La zona de camino afectada por la traza es el área de influencia directa para la determinación de pasivos ambientales.

Podrá considerarse también como pasivo ambiental de la obra vial aquel que se localice en el entorno siempre

EJEMPLOS DE PASIVOS AMBIENTALES

- > **Procesos erosivos** en áreas lindantes a la zona de camino causados por desagües de obras de arte, como por ejemplo las alcantarillas.
- > **Incremento de la anegabilidad en un sector**, producido por el efecto barrera del terraplén de una ruta, por subdimensionamiento de las obras de arte.
- > **Inestabilidad de taludes** que puedan afectar las propiedades de terceros.
- > **Áreas que fueron utilizadas en la construcción e implantación de la obra vial** (como campamentos o depósitos de materiales) y luego fueron abandonadas sin realizar acciones de mitigación o restauración de impactos.
- > **Zonas de préstamo**, siempre y cuando aquellas no tengan actualmente una explotación comercial.
- > **Áreas de corte de terreno**, áreas de depósito de suelo explotadas durante la construcción original de la carretera.
- > **Depósitos de residuos no mitigados.**
- > **Contaminación por emisión de gases y partículas.**
- > **Interrupción, por "efecto barrera"**, de prácticas productivas trashumantes, de recolección o de otras actividades productivas tradicionales.

que pueda establecerse con certeza la relación de causa y efecto, en tanto existan fuertes indicios de que los impactos se deben a las acciones vinculadas a la obra vial. Como ejemplos pueden mencionarse préstamos en terrenos particulares o contaminación de recursos.

9.1.3. Caracterización de Pasivos Ambientales

Las entidades o empresas concesionarias y responsables ambientales, deberán elaborar un Informe de Caracterización del Pasivo Ambiental¹⁰, que incluye:

- **Recopilación específica de toda información** que pueda ayudar a identificar la presencia de pasivos ambientales.
- **Análisis de información por medio de un equipo multidisciplinario** para asociar eventos e indicadores con la posible presencia de impactos.

- **Elaboración de mapas** que indiquen la localización de la ruta en estudio y las principales áreas socio ambientales sensibles localizadas en zonas circunvecinas (cursos de agua, reservorios de agua, áreas de bosque, zonas ecológicamente sensibles o legalmente protegidas, núcleos urbanos, comunidades indígenas, loteo, uso del suelo en el entorno, caminos secundarios y otros).
- **Presentación de un esquema con las dimensiones aproximadas del pasivo**, obtenidas por procedimientos rápidos y confiables; en el caso de pasivos de grandes dimensiones y/o críticos será necesario un levantamiento topográfico posterior y el desarrollo de análisis detallados específicos.
- **Descripción sucinta de los efectos y sus causas aparentes.**
- **Identificación del potencial de riesgo representado por el impacto.**
- **Recomendación de soluciones para eliminación y/o corrección de problemas.**
- **Indicación de la necesidad de estudios más detallados para corrección del pasivo ambiental.**
- **Presentación de un registro fotográfico del pasivo ambiental.**

La información de los pasivos ambientales será obtenida a través de levantamientos *in-situ* y apoyada por entrevistas con personal local para la identificación de los pasivos que no son visibles cuando se recorre la carretera, tales como áreas de sumideros y canchales abandonadas situadas en zonas más distantes, ubicadas en el área de influencia indirecta.

¹⁰ DNV, Programa de Pasos Fronterizos y Corredores de Integración, Reglamento Operativo.

9.1.4. Costos de los Pasivos Ambientales

Deben incluirse en el análisis económico de la obra vial, tanto los pasivos previos a la realización de una obra como los que sean consecuencia de su materialización. Los costos de corrección de pasivos ambientales derivados tanto de una acción directa de la obra vial como de un origen externo a dicha obra, y cuyos causantes *no puedan ser identificados, no deberán ser externalizados a la sociedad sino incluidos en los costos de la nueva obra en cualquiera de sus etapas, ya sea para ser eliminados totalmente, restaurados, rehabilitados o compensados o en el caso necesario administrados y mantenidos dentro de condiciones aceptables por los organismos pertinentes y por los actores sociales locales.*

La resolución de los costos negativos correspondientes a los pasivos ambientales debe corresponder a las particularidades de cada escenario, según su contexto ambiental, social, económico y técnico.

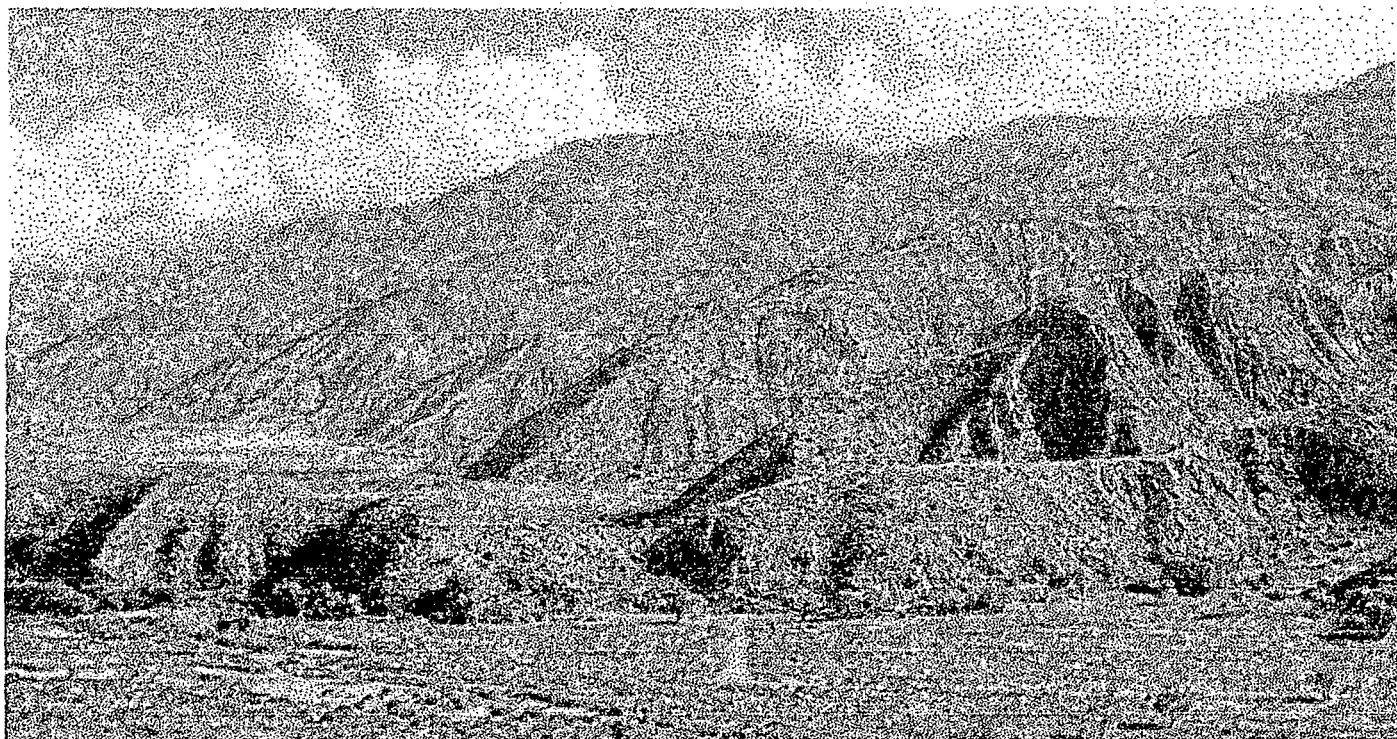
En el Capítulo correspondiente a los Planes de Manejo Ambiental (**Parte B** de esta **Sección I**) se amplían los aspectos operativos de este tema, junto con la necesidad de realizar, en forma periódica y sistemática, el correspondiente Programa de Monitoreo que permita una evaluación de la eficiencia de las medidas de mitigación del pasivo ambiental aplicadas.

9.2. Vulnerabilidad Ambiental de la Obra Vial

Las obras viales tienen una gran importancia política, económica y social en el ámbito nacional, regional e incluso continental, al ser corredores de transporte que conectan regiones del país entre sí y con corredores internacionales. Factores meteorológicos, atmosféricos, geológicos y geomorfológicos, junto con los condicionamientos por su localización, parámetros de diseño y su mantenimiento, hacen vulnerable la obra vial.

Como consecuencia de esta situación, se producen daños mayores en la infraestructura de transporte de la región, y por lo tanto, graves impactos en el sector productivo, la comunidad y los asentamientos cercanos que perjudican las actividades económicas de los afectados y su calidad de vida.

Estos daños pueden tener una intensidad mayor en aquellas áreas o tramos de la infraestructura vial que tiene un mayor grado de vulnerabilidad. Para ello se vuelve imprescindible definir este concepto y mencionar los factores que deben ser tenidos en cuenta para su medición. Por eso la evaluación del impacto ambiental es relevante como instrumento predictivo, ya que permite dimensionar y acotar de antemano los efectos negativos de las obras viales.



1. Metodologías de Identificación, Valoración y Evaluación de Impactos Ambientales

1.1. Introducción

Existen diferentes metodologías que permiten identificar, dimensionar y posteriormente evaluar los impactos ambientales y sociales del proyecto vial.

Su análisis debe realizarse siempre en relación a la situación de "no implementación" del proyecto, llamada usualmente "alternativa cero". Salvo algunas excepciones (por ejemplo, en relación a la calidad de un efluente), la valoración del impacto siempre constituye un pronóstico sobre la base de una presunción, generalmente simplificada de la realidad actual y de cómo va a modificarse a futuro, basada en modelos conceptuales que simulan el funcionamiento de la realidad.

El reconociamiento de la intensidad o magnitud de los impactos debe realizarse sobre la base de la aplicación de estándares, criterios técnicos, normativa, re-

glamentos u objetivos de calidad ambiental que existan para los componentes o parámetros en estudio. La heterogeneidad de los aspectos considerados y la falta de estándares de comparación para algunas condiciones, sumado a un cierto grado de desconocimiento o incertidumbre sobre el comportamiento del ambiente en el cual se diseña el Proyecto Vial, limitan frecuentemente la aplicación de criterios de valoración estrictamente cuantitativos.

En el caso que no existan antecedentes formales de este tipo, la importancia de los impactos puede ser estimada sobre la base de criterios cualitativos, definidos por el equipo profesional responsable de los Estudios Ambientales de acuerdo al "estado del arte" en el momento inicial. En estos casos, todos los juicios emitidos deben ser explicitados y fundamentados de la mejor forma posible.

La consideración obligatoria de los valores sociales y culturales vigentes para la sociedad local en el momento y lugar de la evaluación, puede generar la incorporación de un cierto margen de "subjetividad" en la metodología aplicada. La integración de tal subjetividad con otros criterios tradicionalmente "objetivos", no debilita o invalida los resultados finales de la evaluación sino que los ajusta a las particularidades de cada caso concreto.

Las formas de valoración pueden incluir la comparación del impacto en relación con:

- Marcos legales, reglamentarios o técnicos objetivos (estándares, reglamentaciones, criterios, etc.).
- Opiniones individuales de especialistas o de una "mesa de expertos", integrada por un conjunto de profesionales y técnicos acordes a los alcances del tema a tratar, donde se analiza y se debate el tema.
- Antecedentes bibliográficos, nacionales e internacionales.
- Opiniones del público (determinadas por encuestas de opinión, convocatorias públicas, etc.).
- Opinión de los tomadores de decisiones, quienes deberán considerar y evaluar finalmente los resultados del EsIA en el marco de una gestión política.

La *Figura 1* presenta las sucesivas instancias en el análisis de los impactos ambientales.

Entre las herramientas metodológicas más utilizadas pueden mencionarse:

• Para la identificación de impactos:

- Listas de control o "check list"
- Diagramas de flujo causales
- Cartografía y Sistemas de Información Geográfica
- Relevamientos de información de base
- Entrevistas y encuestas

• Para la medición de impactos:

- Modelos matemáticos y de simulación
- Métodos de laboratorio
- Criterios o estándares de calidad ambiental
- Indicadores ambientales de valoración (cuali o cuantitativas)
- Panel de expertos
- Relevamientos de información de base
- Entrevistas y encuestas

• Para la evaluación de impactos:

- Indicadores ambientales de evaluación
- Matrices

IDENTIFICACIÓN

VALORACIÓN

EVALUACIÓN

Se reconocen los cambios producidos por el emprendimiento vial sobre el ambiente.

Se dimensionan en forma cualitativa o cuantitativa los cambios producidos, en base a la aplicación de métodos de medición analíticos provenientes de las ciencias exactas (por ejemplo: modelos matemáticos y de simulación, determinaciones de laboratorio, etc.), ciencias sociales (entrevistas, encuestas, etc.), y otros métodos según corresponda.

Se evalúa el significado de los cambios producidos (impactos) sobre el ambiente en base a la normativa vigente, criterios o estándares técnicos, opinión de expertos, indicadores, etc.

Figura 1. Instancias en el análisis de los impactos ambientales

- Panel de expertos
- Entrevistas y encuestas

En la *Figura 2* (pág. 100) se presentan las principales herramientas que pueden aplicarse en el proceso de identificación y evaluación, con diferentes enfoques y niveles de análisis:

En los puntos siguientes se desarrollan los diferentes tipos de herramientas y metodologías:

- o obligatorias en el proceso de elaboración de los Estudios de Impacto Ambiental (cartografía temática, listas de control, Matrices de Identificación y Evaluación de Impactos Ambientales)
- o complementarias u optativas, cuya conveniencia deberá considerarse en función de la complejidad del proyecto y del medio receptor.

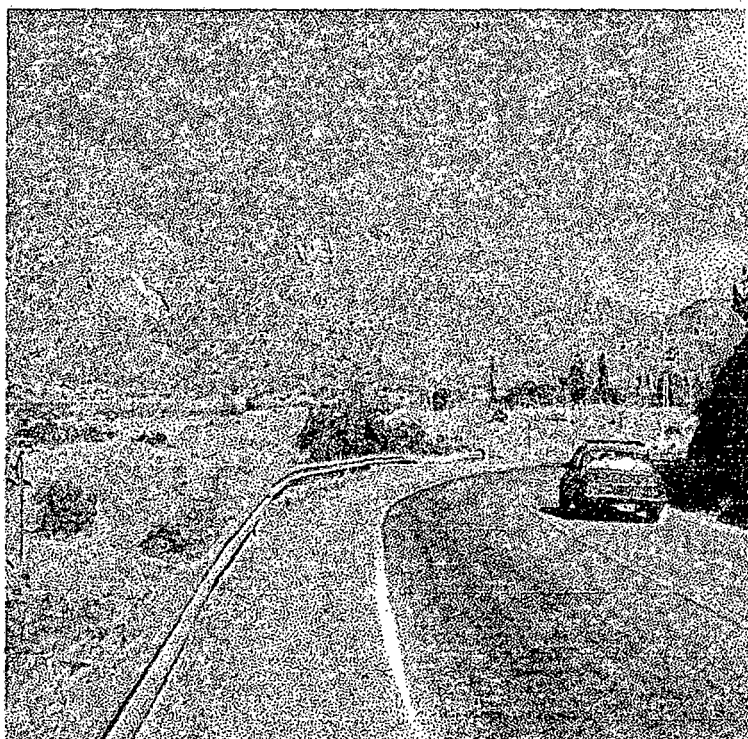
1.2. Herramientas y Metodologías Obligatorias de Identificación y Evaluación de Impactos Ambientales

1.2.1. Cartografía

La cartografía, tanto básica como temática e integrada, constituye un instrumento de gran importancia para sustentar los Estudios Ambientales. Por ello se recomienda realizar la representación cartográfica de las componentes más significativas del ambiente y del Proyecto.

Entre otros datos, la cartografía temática podrá incluir resultados de estudios geológicos, geomorfológicos, de tipos y usos de suelo, y de caracterización y diagnóstico de áreas de elevado valor ambiental, de calidad de aguas superficiales y subterráneas, de erosión y sedimentación y de aspectos socio-económicos.

Acompañando la elaboración del diagnóstico ambiental puede incluirse la cartografía de los aspectos o sectores críticos o, acompañando la identificación y valoración de impactos ambientales y sociales, direc-



tamente la cartografía de los impactos ambientales. Si bien la cartografía temática puede utilizarse en forma aislada o independiente, su mayor efectividad como instrumento para los Estudios Ambientales proviene de la interrelación y procesamiento de sus contenidos a través de Sistemas de Información Geográfica (SIG o, en inglés GIS, Geographic Information Systems) que permiten y facilitan la integración, análisis, gestión y representación de datos espaciales, posibilitando el reconocimiento de las relaciones espaciales y su clara expresión y comprensión.

El conjunto de datos proveniente de las diferentes especialidades, son metódicamente ordenados e integrados en bases de datos. Los datos espaciales, volcados en mapas, conjuntamente con los alfanuméricos, producen la información geoespacial que es la que alimenta el SIG.

En el *Anexo X* se presentan las principales fuentes de información pública, tanto georreferenciada como alfanumérica disponibles, cuya consideración es de importancia en la elaboración de los EsIA.

HERRAMIENTAS	APLICACIÓN
Criterios de Calidad Ambiental	En base a criterios de calidad ambiental (ej. de agua, aire, emisiones, ruido, etc.) identifica la intensidad del cambio y califica las nuevas condiciones producidas por las acciones de emprendimiento vial.
Modelos Matemáticos y de Simulación	Dimensiona en el espacio y en el tiempo los cambios producidos por la obra vial sobre el medio receptor.
Indicadores Ambientales	Integra y pondera un conjunto de atributos sectoriales y permite disponer de información de síntesis.
Cartografía Temática Sectorial	Comunica y permite visualizar rápidamente la variabilidad espacial de un determinado factor del medio natural o socioeconómico (ej. topografía, uso del suelo), como insumo para la identificación y evaluación de los impactos ambientales.
Cartografía Integrada	Comunica y sintetiza la localización y vinculación entre el conjunto de factores del medio natural y socioeconómico, la zona de la obra vial, las acciones del proyecto (ej. desvíos, préstamos, obradores, etc.) y toda información necesaria para la identificación territorial y evaluación de los impactos ambientales.
Matriz de Identificación de Impactos Ambientales	Representa y evalúa las principales interrelaciones entre las acciones del proyecto vial y los principales componentes del medio receptor (natural y socioeconómico). Comunica en forma rápida y sintética información integrada del Estudio de Impacto Ambiental.

Identificación, valoración
y evaluación de
impactos ambientales

Figura 2. Principales herramientas de identificación, valoración y evaluación de impactos ambientales.

1.2.2. Listas de Control

Las “Listas de Control” o “*check list*” son listas abarcativas para una identificación inicial y expeditiva de las posibles consecuencias de las acciones proyectadas. Son utilizadas frecuentemente en evaluaciones preliminares.

Pueden diferenciarse en:

- **Listas de control simples.** Contienen sólo el listado de probables impactos, o de las características de la acción que puede generar frecuentes impactos sobre el ambiente, o ambos tipos de listados. Permiten asegurarse que no sean omitidos en el análisis los principales impactos. Constituyen una “ayuda-memoria,” y suelen ser las utilizadas más frecuentemente.

- **Listas de control descriptivas.** Describen brevemente los parámetros ambientales impactados y dan orientaciones para una evaluación.

A modo de ejemplo en los Cuadros 1 y 2 se presentan listas de control descriptivas (Fuente: HYTSA, Fortalecimiento de la Capacidad de Gestión Ambiental, DNV, 1997).

Como complemento de esta identificación de impactos según factores del medio natural o socio-económico se propone en el Cuadro 3 (pág. 104) un listado de posibles impactos según las acciones en cada Etapa del Ciclo del Proyecto.

ANEXO 1 - EJEMPLOS DE LISTA DE CONTROL PARA LA IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS SOBRE EL MEDIO AMBIENTAL

Medio Ambiente

(aquellas perturbaciones más frecuentes)

Aire (Atmósfera)

- Modificaciones del microclima por la destrucción de la vegetación, por la apertura o ensanche de traza, por la presencia de superficies asfaltadas y la posibilidad de crear "corredores" o "barreras" por donde el viento circula o se detiene (ej. barreras forestales).
- Incremento del nivel de ruido (contaminación sonora), especialmente en centros poblados y áreas más sensibles o de interés particular (escuelas, centros de salud, zonas de nidificación de fauna, sitio de interés patrimonial natural o cultural, etc.).
- Alteración en la calidad del aire por la emisión de sustancias gaseosas y material particulado en suspensión (contaminación física y química).

Geología y Relieve

- Uso de Recursos Mineros y abandono de cavas y préstamos
- Cambios del relieve producidos por los movimientos de tierras, desmontes, terraplenes, etc.
- Afectación de la estabilidad del relieve.
- Efectos sobre los procesos de erosión y depositación.
- Modificación de los agentes modeladores del relieve.

Recursos Hídricos

- Modificaciones en el drenaje superficial y subterráneo.
- Incremento en el consumo de agua, y consecuentes cambios en la disponibilidad para otros usos.
- Efectos de barrera, endicamiento (por puentes, terraplenes, obras de arte inadecuadas, etc.).
- Afectación de la recarga de acuíferos.
- Cambios en la calidad o generación de procesos de contaminación hídrica (más frecuentemente superficial que subterránea) por incremento de la carga sedimentaria, por efluentes, derrames, descarga activa, arrastre o disolución de sustancias (especialmente en la etapa constructiva) o posterior incremento de la erosión del suelo.
- Modificaciones de la anegabilidad y de los riesgos de inundación.

Suelos

- Pérdida del suelo orgánico.
- Incremento de los procesos de deterioro o desertificación.
- Incremento de la erosión asociada a la pérdida de la cobertura vegetal y al movimiento de tierras, desmontes, etc.
- Afectación por el uso de herbicidas y agroquímicos para el control de malezas.
- Modificación de la calidad o generación de procesos de contaminación por efluentes, derrames, descarga activa, arrastre o disolución de sustancias (especialmente en la etapa constructiva).
- Cambios en la aptitud agrícola.
- Pérdida de superficie de tierras de valor agrícola

Vegetación

- Pérdida de cobertura o estratificación en la zona de camino, especialmente de la arbórea (silvestre o de origen antrópico) derivada directamente de la construcción, accesos y obras complementarias (efectos directos o indirectos).
- Introducción de especies exóticas en forma directa por acciones de revegetalización.

CUADRO 1. (cont.) EJEMPLOS DE LISTA DE CONTROL PARA LA IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS SOBRE EL MEDIO NATURAL

Medio Natural	Impactos potenciales más frecuentes
Vegetación	<ul style="list-style-type: none">◦ Degradación de la cobertura vegetal como efecto del uso de compuestos químicos para el mantenimiento de la ruta (sales, herbicidas, etc.).◦ Introducción de especies exóticas en forma directa por acciones de revegetalización o indirecta.◦ Modificación del hábitat.◦ Pérdida de la vegetación producida por la modificación de los patrones de uso tradicionales del suelo por el incremento de la accesibilidad.
Fauna Silvestre	<ul style="list-style-type: none">◦ Pérdida o transformación del hábitat, especialmente de sitios frágiles como áreas de reproducción, de nidificación y cría, de alimentación, y rutas migratorias.◦ Incremento de las muertes por atropellamiento, efectos diferenciales en las diversas especies.◦ Incremento de la presión de caza, por cambios en la accesibilidad y en los patrones de uso de la tierra.◦ Efectos sobre las especies raras, endémicas o en peligro de extinción, de valor comercial y susceptibles de aprovechamiento.◦ Introducción de plagas o especies exóticas.
Ecosistemas	<ul style="list-style-type: none">◦ Alteración de las redes tróficas.◦ Afectación de corredores biológicos o biogeográficos.◦ Cambios en la productividad biológica.◦ Afectación de humedales y otros ecosistemas sensibles o críticos.◦ Pérdida de biodiversidad.◦ Aportes locales a los cambios globales.
Paisaje	<ul style="list-style-type: none">◦ Cambios locales o regionales en la calidad del paisaje por modificación en: relieve, recursos hídricos, conservación del suelo, cobertura vegetal, patrones de uso tradicionales, grado de antropización, etc.◦ Aumento de la fragilidad del paisaje por transformación de los ecosistemas y su capacidad de autorregulación.◦ Efectos directos por la traza, la circulación de vehículos y la publicidad.◦ Efectos indirectos de la mayor accesibilidad y la presencia de visitantes.
Patrimonio Natural, ANPs y Conservación	<ul style="list-style-type: none">◦ Pérdida de patrimonio por apertura de traza.◦ Fragmentación del territorio y de los hábitats en ANPs.◦ Incremento del efecto de borde sobre ANPs.◦ Mayor presión sobre recursos frágiles o de valor patrimonial (natural y paleontológico).◦ Mayor presión para cambiar los usos del suelo.◦ Incremento de caza y extracciones furtivas.◦ Pérdida de capacidad de control y capacidad de manejo.

CUADRO 2. EJEMPLOS DE LISTA DE CONTROL PARA LA IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS SOBRE EL MEDIO SOCIO-ECONÓMICO

Medio Socio-económico	Impactos potenciales más frecuentes
Población	<ul style="list-style-type: none">* Aumento de la accesibilidad a servicios (salud, educación, etc.).* Incidencia sobre los niveles actuales de accidentes.* Afectación de grupos sociales minoritarios.* Generación de empleo (temporario o permanente).* Inducción de migraciones (con aspectos positivos y negativos).
Patrimonio Cultural	<ul style="list-style-type: none">* Pérdida de patrimonio por apertura o ensanche de traza y movimiento de suelos.* Mayor presión sobre recursos frágiles o de valor patrimonial cultural (arqueológico, histórico, social).* Incremento de extracciones furtivas.* Pérdida de control y capacidad de vigilancia.* Aumento de accesibilidad a los recursos culturales.
Actividades Productivas y Sociales	<ul style="list-style-type: none">* Perjuicios o beneficios, directos o indirectos, de actividades sociales, culturales y económicas.* Variaciones en el uso de la tierra, con efectos positivos y negativos.* Cambios en la estructura de costos, con efectos positivos y negativos.
Infraestructura de Servicios	<ul style="list-style-type: none">* Desarrollo de nueva infraestructura.* Interferencia con la infraestructura actual.* Cambios en el acceso a bienes y servicios.* Cambios en la estructura de costos.
Tránsito y Transporte	<ul style="list-style-type: none">* Cambios en los costos de transporte.* Cambios en la frecuencia.* Cambios en los sistemas de transporte tradicionales.* Cambios en las necesidades de infraestructura complementarias (ej.: refugios, senderos peatonales, bicisendas, etc.).
Economía	<ul style="list-style-type: none">* Variaciones en la rentabilidad de las actividades.* Variaciones en el costo de la tierra, y sus efectos, especialmente en relación con la población de menos recursos o sectores minoritarios.

CUADRO 3. EJEMPLOS DE LISTA DE CONTROL PARA LA IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS SOBRE EL MEDIO RECEPTOR SEGÚN ETAPAS Y ACCIONES DEL PROYECTO

ETAPAS	Acciones		Impactos potenciales más frecuentes
PLANEAMIENTO	Difusión de la prefactibilidad		<ul style="list-style-type: none">✱ Modificación de los valores del suelo (especulación inmobiliaria y oportunidades de inversión).✱ Sensibilización, expectativas y respuestas de la sociedad local.
	Difusión del Anteproyecto		<ul style="list-style-type: none">✱ Modificación de los valores del suelo. (especulación inmobiliaria y oportunidades de inversión).✱ Sensibilización, expectativas y respuestas de la sociedad local.
PROYECTO	Consulta Pública y Difusión del Proyecto Definitivo		<ul style="list-style-type: none">✱ Modificación de los valores del suelo. (especulación inmobiliaria y oportunidades de inversión).✱ Sensibilización, expectativas y respuestas de la sociedad local.
	Compras y Expropiaciones		<ul style="list-style-type: none">✱ Modificación de los valores del suelo.✱ Afectación a otras actividades y usos del suelo.✱ Respuestas de la sociedad local.
OBRA (CONSTRUCCIÓN)	Implantación	Construcción de obradores y campamentos; plantas de elaboración de materiales, oficinas, laboratorio, talleres y depósitos	<ul style="list-style-type: none">✱ Generación de empleo.✱ Aumento de la demanda de bienes y servicios.✱ Afectación a otras actividades y usos del suelo.✱ Modificación del drenaje y calidad de las aguas superficiales.✱ Disminución de la calidad del aire (ruido, partículas, gases).✱ Cambios de la calidad y usos del suelo.✱ Daños a la vida silvestre y el hábitat.✱ Modificación del paisaje local.✱ Aumento de riesgos potenciales por un manejo inadecuado de los residuos.
		Plantas Asfálticas	<ul style="list-style-type: none">✱ Modificación del drenaje y de la calidad de las aguas superficiales (arrastre de sedimentos, solventes y combustibles potencialmente contaminantes).✱ Disminución de la calidad del aire (gases contaminantes y partículas).✱ Restricción de la calidad y de los usos del suelo.
		Depósitos	<ul style="list-style-type: none">✱ Modificación del drenaje por disposición de depósitos por encima de la cota del terreno circundante.
	Preparación	Desbosque, destronque y limpieza - retiro alambrados	<ul style="list-style-type: none">✱ Deterioro del suelo y cobertura vegetal.✱ Cambios en el sistema de drenaje.

CUADRO 3. (continuación) EJEMPLOS DE LISTA DE CONTROL PARA LA IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS SOBRE EL MEDIO RECEPTOR SEGÚN ETAPAS Y ACCIONES DEL PROYECTO

ETAPAS	Acciones		Impactos potenciales más frecuentes
OBRA (CONSTRUCCIÓN)	Trasporte y almacenamiento		
	Preparación	Desbosque, destronque y limpieza - retiro alambrados	✱ Pérdida de la estabilidad del relieve.
			✱ Destrucción del hábitat y el paisaje local.
		Demoliciones	✱ Afectación de otras infraestructuras preexistentes.
		Voladuras - Despedrado de Laderas	✱ Pérdida del suelo y cobertura vegetal.
			✱ Cambios en el sistema de drenaje.
			✱ Pérdida de la estabilidad del relieve.
			✱ Modificación del hábitat y del paisaje local.
			✱ Disminución de la calidad del aire (ruido, partículas de material).
	Movimiento de suelos		
	Excavación o Desmonte	Extracción de Tierra Vegetal	✱ Deterioro de los procesos edáficos y de la aptitud del suelo.
		Apertura de Caja y excavaciones	✱ Pérdida del suelo y cobertura vegetal.
			✱ Cambios en el sistema de drenaje.
			✱ Pérdida de la estabilidad del relieve.
			✱ Pérdida de hábitats y modificación el paisaje local.
	Desmonte		✱ Afectación del suelo.
			✱ Cambios en el sistema de drenaje.
			✱ Pérdida de la estabilidad del relieve.
			✱ Deterioro del paisaje local.
			✱ Disminución de la calidad del aire por emisión de polvo.
	Yacimientos		✱ Modificación del relieve.
			✱ Deterioro de los procesos edáficos y de la aptitud del suelo.
			✱ Afectación de napa freática y de la dinámica hídrica local.
			✱ Degradación del paisaje local.
			✱ Afectación a otras actividades y de los usos del suelo.
			✱ Pérdida del valor del suelo.
			✱ Aumento del riesgo de contaminación de los recursos hídricos.
			✱ Incremento del riesgo de accidentes.
			✱ Aumento de la demanda sobre la actividad minera como proveedora de materiales.

CUADRO 3. (continuación) EJEMPLOS DE LISTA DE CONTROL PARA LA IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS SOBRE EL MEDIO RECEPTOR SEGÚN ETAPAS Y ACCIONES DEL PROYECTO

ETAPAS	Acciones		Impactos potenciales más frecuentes
OBRA (CONSTRUCCIÓN)	Alcance de obra		
	Construcción de terraplenes y banquetas		<ul style="list-style-type: none">✦ Generación de empleo local.✦ Modificación del relieve y de sus agentes modeladores.✦ Afectación del microclima por generación de efecto barrera para los vientos de superficie.✦ Modificación del escurrimiento normal del agua superficial por efecto barrera.✦ Endicamiento.✦ Alteración del drenaje superficial.✦ Modificación de la calidad del suelo.✦ Afectación de corredores biogeográficos por fragmentación del paisaje.✦ Afectación de la calidad ambiental.✦ Modificación del escurrimiento superficial.✦ Incremento de riesgos de accidentes.✦ Afectación de caminos y suelos por sobrecarga de tránsito pesado.✦ Disminución de la calidad del aire.✦ Generación de ruido.✦ Afectación de otras actividades y usos del suelo.✦ Daños a la vida silvestre y hábitat general.✦ Aumento de la demanda de servicios e insumos sobre actividades comerciales e industriales.✦ Daños a la vida silvestre y hábitat general.✦ Modificación del tránsito local.✦ Afectación de otras actividades y usos del suelo.✦ Afectaciones sobreimpresas a las de movimiento de suelos y transporte asociado a las obras.✦ Riesgos por derrames de combustibles o lubricantes, afectación de suelos, cursos de agua escurrimiento superficial.✦ Reducción de la calidad del aire por generación de emisiones atmosféricas y ruido.
	Seguimiento y monitoreo		
	Análisis de impacto ambiental		
	Asesoría y monitoreo		
	Cadenas de suministro		
	Logística de obra		
	Gestión		
	Mantenimiento		
	Maquinarias		
	Revestimiento de taludes		<ul style="list-style-type: none">✦ Reducción de procesos de erosión y cárcavamiento en la zona de camino, aumento de la vida útil de la obra.✦ En caso de recubrimiento con suelo seleccionado, generación de efectos positivos en relación con posterior revegetación y sobre restauración del paisaje.

CUADRO 3. (continuación) EJEMPLOS DE LISTA DE CONTROL PARA LA IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS SOBRE EL MEDIO RECEPTOR SEGÚN ETAPAS Y ACCIONES DEL PROYECTO

ETAPAS	Acciones	Impactos potenciales más frecuentes
OBRA (CONSTRUCCIÓN)	Trasporte	<ul style="list-style-type: none"> » Posibilidad de afectación sobre la calidad ambiental, vida silvestre, personas, bienes, servicios y actividades en forma variable.
	Proyecto	<ul style="list-style-type: none"> » Afectación sobre la circulación: accidentes, congestión, servicios de transporte, seguridad vial, accesibilidad. » Disminución de la calidad del aire y generación de ruido. » Daño a la fauna silvestre. » Generación de beneficios o perjuicios para las actividades económicas locales. » Afectación de las actividades y usos del suelo en el entorno. » Modificación de la organización espacial regional.
OPERACIÓN	Trasporte	
	Iluminación, puestos de servicios y auxilio, telefonía de contacto	<ul style="list-style-type: none"> » Aumento de la seguridad vial. » Reducción de riesgos.
MANTENIMIENTO	Forestación y revegetalización	<ul style="list-style-type: none"> » Modificaciones sobre el paisaje (posibilidad de reforzar su valor natural).
	Reparación	<ul style="list-style-type: none"> » Reducción de procesos de erosión.
	Derrames accidentales, fallas técnicas y operativas	<ul style="list-style-type: none"> » Posibilidad de afectación sobre la calidad ambiental, vida silvestre, personas, bienes, servicios y actividades en forma variable.
	Quemado de residuos	<ul style="list-style-type: none"> » Incremento del valor natural del paisaje. » Afectaciones derivadas de la utilización de sistema de quema: destrucción de alambrados, postes y daños en otros usos del suelo.
MANTENIMIENTO	Rehabilitación	<ul style="list-style-type: none"> » Aumento de la seguridad vial.
	Intensificación	<ul style="list-style-type: none"> » Reducción de accidentes de tránsito.
	Adaptación de la infraestructura	<ul style="list-style-type: none"> » Aumento de la vida útil de la obra vial. » Incremento de la estabilidad del suelo.
	Control de erosiones, mantenimiento de drenajes, mantenimiento de taludes	<ul style="list-style-type: none"> » Modificación del paisaje local y del entorno. » Aumento de la vida útil de la obra vial. » Facilitación de la escorrentía superficial (conservación de humedales y corredores biogeográficos). » Prevención o reducción del endicamiento.

1.2.3. Matrices de Identificación y Evaluación de Impactos Ambientales

Las matrices de identificación y evaluación de impactos son una herramienta que permiten representar y evaluar las interrelaciones que pueden ocurrir entre las principales acciones producidas durante cada una de las Etapas del Ciclo de Proyecto de la obra vial y los principales componentes del medio natural y socioeconómico.

Organizan la identificación y caracterización de los impactos por medio de una representación basada en una Matriz de doble entrada (tipo Matriz de Leopold). Presentan en forma simplificada las características y condiciones del sistema ambiental y de la obra, y permiten abordar en forma sistemática una evaluación abarcativa del amplio espectro de las relaciones causa-efecto que pueden producirse.

Consisten en cuadros de doble entrada en los que:

- las filas corresponden a las acciones o actividades de la obra, con implicancia ambiental, derivadas de las distintas etapas de desarrollo consideradas.
- las columnas corresponden a las características o factores del medio ambiente receptor, natural y socio-económico, susceptibles de ser afectadas por las acciones de la obra vial
- cada una de las intersecciones entre fila y columna representa una posibilidad de interacción entre una acción del proyecto y un componente del

medio receptor. El trabajo del equipo técnico consiste en analizar la totalidad de las interacciones potenciales para identificar aquellas que sean probables. Allí deberán reconocerse las interacciones donde se verifiquen cambios y/o efectos del proyecto sobre el ambiente. Sólo una fracción de los posibles efectos alcanzarán la intensidad suficiente para ser significativos, es decir, para transformarse en impactos ambientales y sociales.

En el Capítulo 2 de esta Parte II del MEGA II se desarrollan las diferentes tipologías de Matrices, según la etapa del ciclo del emprendimiento, tipologías de obra vial y usos del suelo (urbano o rural).

1.3. Metodologías Complementarias de Identificación y Evaluación de Impactos Ambientales

1.3.1. Introducción

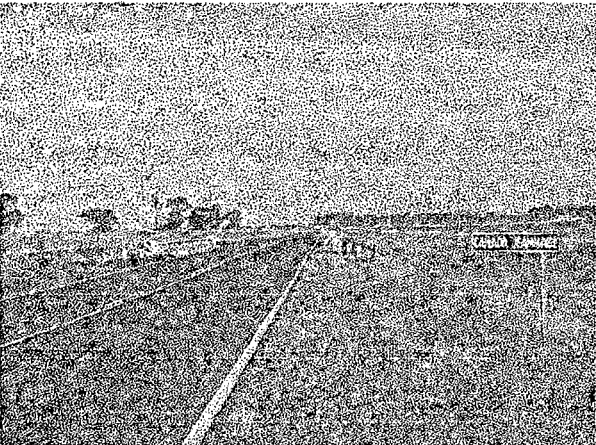
La conveniencia de su aplicación deberá considerarse en función de la complejidad del proyecto y del medio receptor.

1.3.2. Diagramas de Flujo Causales

Los diagramas de flujo causales o redes de interacción, se utilizan para identificar relaciones secuenciales de causa - efecto dentro de la compleja trama de los componentes y procesos en relación con el Ciclo del Proyecto y en especial con las Etapas de Obra y Operación y Mantenimiento.

A modo de ejemplo, la Figura 3 muestra un Diagrama de Flujo de Cadenas Causales que representa en forma muy simplificada las interrelaciones entre las causas y efectos desencadenados por la construcción de una obra vial sobre el medio natural.

El esquema permite identificar efectos o impactos de 1º, 2º, 3º y 4º orden, que se manifiestan sucesivamente a lo largo del tiempo.



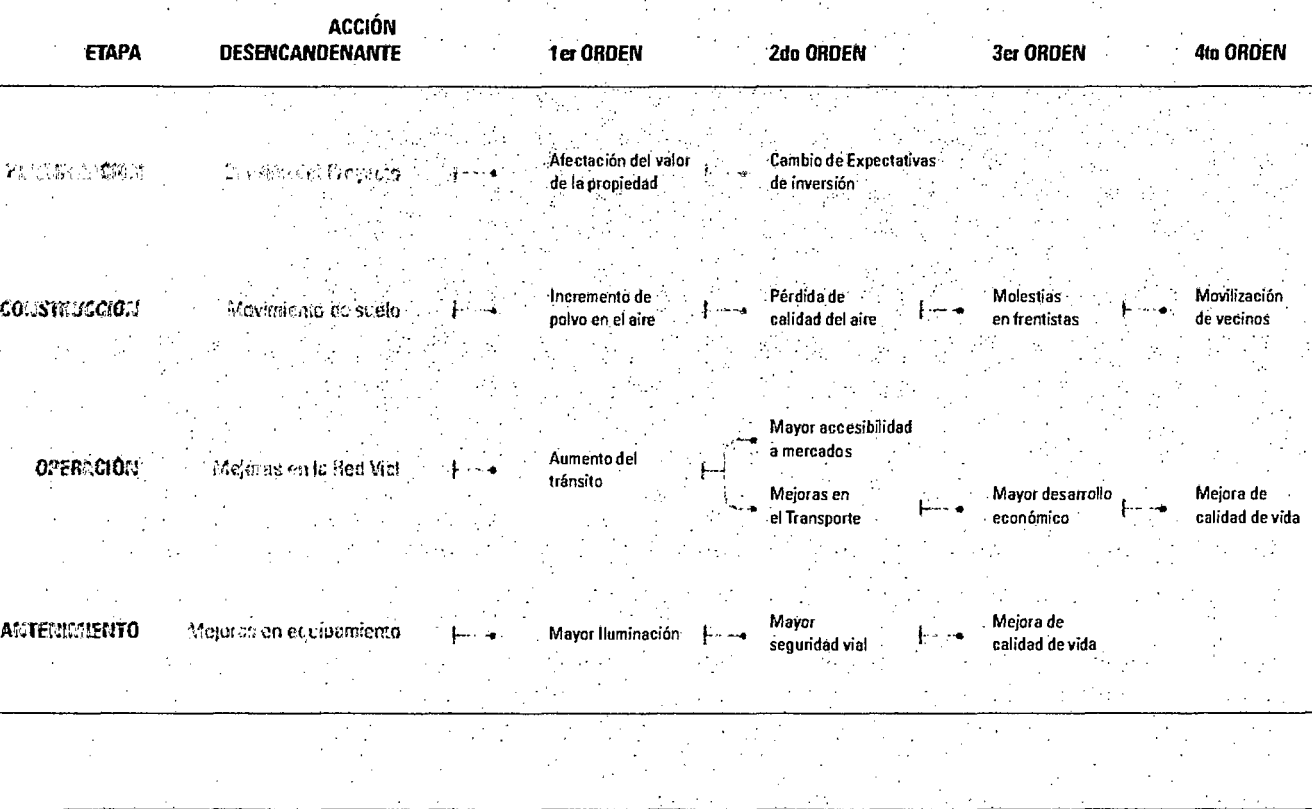


Figura 3. Diagrama de Flujo: Esquema de Cadena Causal

Según Espinoza (2001): "El desarrollo de una red requiere indicar los impactos que resultan de cada actividad del proyecto. Se utilizan, en orden jerárquico, los impactos primarios, secundarios y terciarios, y así sucesivamente hasta obtener las interacciones respectivas. Las redes son útiles como guías en el trabajo de evaluación de impactos ambientales para detectar impactos indirectos o secundarios; en proyectos complejos o con muchas componentes pueden ser muy importantes para identificar las interacciones mutuas. Además proporcionan resúmenes útiles y concisos de los impactos globales de un proyecto. Su principal desventaja es que no proveen criterios para decidir si un impacto en particular es importante o no. Cuando la red es muy densa, se genera confusión y dificultad para interpretar la información".

1.3.3. Panel de Expertos

Consiste en la sistematización de las consultas a un grupo de expertos familiarizados con un proyecto y con

sus tópicos especializados. Puede utilizarse al comienzo y durante todo el desarrollo de los Estudios Ambientales que se realizan a lo largo del Ciclo del Proyecto.

Más que definir parámetros específicos para aspectos a considerar en el futuro, esta metodología permite identificar una amplia gama de impactos, establecer buenas prácticas y medidas de mitigación y disponer de procedimientos de seguimiento y control. Su ventaja radica en los bajos requerimientos formales y en la facilidad para adaptar la evaluación a las circunstancias específicas de una acción. Aunque la eficiencia de esta herramienta depende de los antecedentes y experiencia de los especialistas que participan del Panel, es un método rápido y fácil de desarrollar con poco esfuerzo.

1.3.4. Métodos para Comparar Impactos

Una vez identificados los impactos ambientales, es necesario establecer criterios para poder comparar-

los. En algunos casos se realiza una comparación absoluta de la magnitud de alguna variable (por ejemplo cantidad de superficie afectada por diferentes acciones). En otros casos se comparan en forma relativa atributos y magnitudes de diferente naturaleza. Esta jerarquización facilita las tareas posteriores de identificación de prioridades y de asignación de recursos para su mitigación.

Algunos de los procedimientos utilizados para la comparación de alternativas del proyecto vial o de acciones individuales del proyecto, son:

- **Ranking:** se estipula un ranking entre las alternativas de proyecto a través del agrupamiento de sus impactos positivos y negativos.
- **Normalización y ponderación:** se utiliza para comparar numéricamente indicadores de impacto, por lo cual sus escalas deben presentarse en unidades comparables. Puede realizarse de diversas maneras:
- A través de un recuento de número de impactos (negativos / no significativo / positivos), y su suma por tipologías.
- Mediante la normalización de los indicadores de impacto respecto a una escala de importancia. En este caso los indicadores deben presentarse en unidades comparables.
- Mediante la asignación de jerarquías de acuerdo a parámetros considerados de mayor importancia, por ejemplo, las cantidades de personas afectadas.
- A través de la asignación de jerarquías de acuerdo con la significación relativa de cada indicador de impacto, definido “ad hoc” para cada caso.

1.3.5. Métodos de Integración de los Impactos Ambientales

Las metodologías presentadas hasta ahora se centran fundamentalmente en la identificación y valoración de impactos individuales. En este ítem se analizan las

metodologías de integración de los impactos ambientales previamente valorados en forma individual.

1.3.5.1. Matrices de Identificación y Evaluación de Impactos

En los puntos precedentes (ver [Tabla 1.3.3](#)) se han presentado las Matrices que relacionan componentes del proyecto y del medio ambiente. La aplicación de este tipo de Matriz permite, en forma relativamente sencilla, una primera integración entre los impactos producidos por cada uno de los componentes del proyecto sobre cada uno de los componentes del medio receptor (tanto natural como antrópico).

1.3.5.2. Matrices Ponderadas

Otro de los métodos (cuyo antecedente más antiguo corresponde a la matriz de Battelle – Columbus) se basa en un tipo de Matriz que incorpora una ponderación diferencial para cada una de las columnas que representan los componentes del ambiente afectados, según la importancia relativa que adquiere en cada caso. Las matrices ponderadas mejoran la utilidad de la herramienta con respecto a las matrices anteriores.

1.3.5.3. Modelos Paramétricos

Se expresan a través de indicadores complejos (de forma polinomial) que integran aritméticamente los valores correspondientes a diferentes atributos del ambiente. Por ejemplo, la afectación de un recurso hídrico subterráneo para su uso como agua potable puede estar dada por varios parámetros (caudal disponible, turbidez, contaminación bacteriológica, contaminación química, régimen de disponibilidad estacional, etc.). Cada uno de estos parámetros debe ser valorado en forma cuali o cuantitativa y ponderado dentro del conjunto, de forma tal que las operaciones matemáticas que los relacionen representen en forma simplificada su funcionamiento en relación con la eventual afectación de este recurso natural. En otras palabras, a través de una fórmula más o menos compleja, se suman, restan, multiplican o dividen valores representativos de variables ambientales seleccionadas, representando en forma simplificada al funcionamiento de diferentes aspectos del ambiente.



1.3.5.4. Modelos de Simulación

Pueden utilizarse como instrumentos para identificar impactos e integrarlos, y predecir la magnitud de efectos e impactos. Se trata de representar y analizar a través de la aplicación de diferentes funciones matemáticas (de diferente complejidad) las interrelaciones dentro de un complejo sistema ambiental *constituido, por una parte, por los subsistemas natural y socioeconómico, y por otra, por una serie de acciones tecnológicas que definen el Proyecto.*

Para ello se requiere de un modelo que represente o esquematice, aunque sea a escala reducida y simpli-

ficada, el comportamiento del sistema.

Según los casos, los modelos de simulación pueden intentar representar la totalidad del sistema ambiental en estudio o solamente un conjunto de componentes o procesos. Requieren la selección de un conjunto de variables significativas y la identificación de sus principales interrelaciones. Generalmente *permiten la construcción de diferentes escenarios* en función del estado de las variables que intervienen, como los modelos de emisión de ruidos o dispersión de emisiones gaseosas y partículas por el tránsito vehicular.

ANEXO N° 4: Panel Fotográfico

8.4 PANEL FOTOGRÁFICO



IMAGEN N°01: Se aprecia en la imagen el tramo antiguo, antes de realizar el proyecto



IMAGEN N°02: Apreciamos la capa de afirmado ya colocado sobre la sub rasante



IMAGEN N°03: Se aprecia en la imagen el compactado con rodillo liso en todo el tramo del proyecto.



IMAGEN N°04: Se aprecia en la fotografía la colocación de la monocapa después de la imprimación.



IMAGEN N°05: Apreciamos el resultado de la aplicación de monocapa en los tramos del proyecto

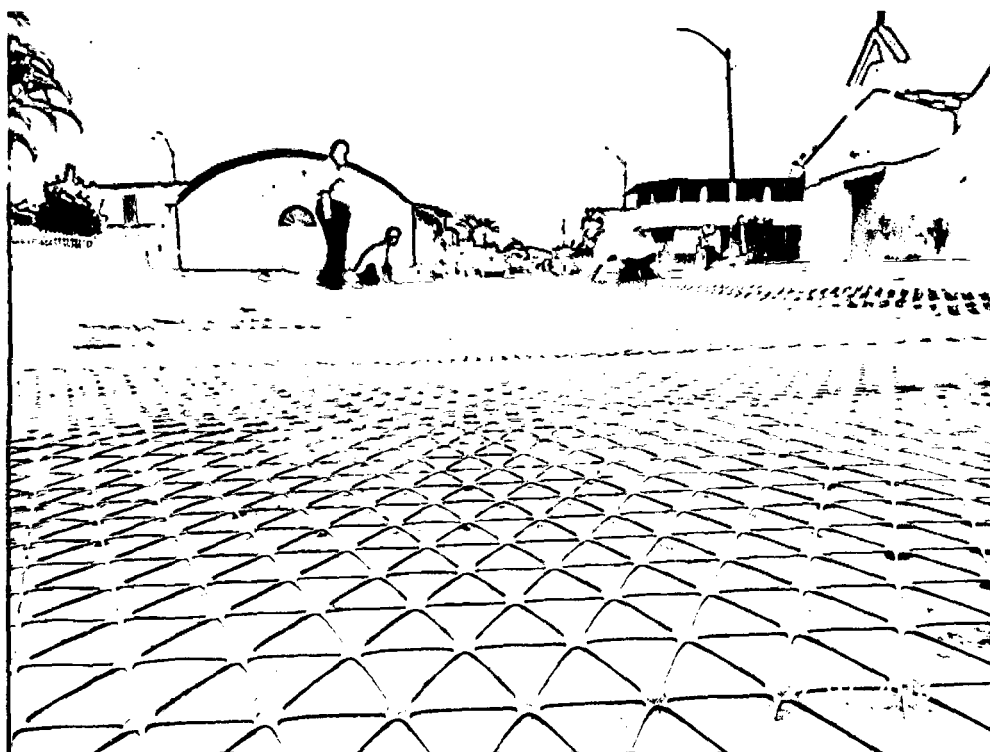


IMAGEN N°06: Se aprecia en la imagen la colocación de geomalla para el tratamiento de la sub rasante



IMAGEN N°07: Notamos la colocación del afirmado base sobre la geomalla (km 4+020 hasta 4+810 y de la progresiva 4+880 hasta 5+136).



IMAGEN N°08: Apreciamos en la imagen los gaviones y el lugar donde será diseñado el badén (km 4+830 hasta km 4+865)

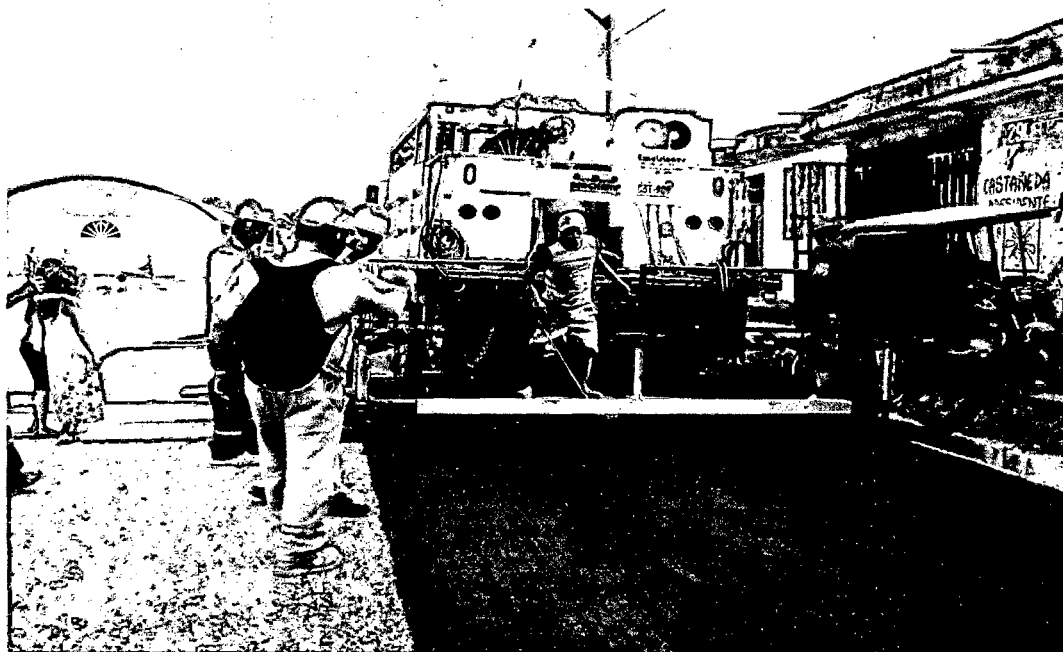




IMAGEN N°09: Aplicación del tratamiento superficial (SLURRY SEAL)

ANEXO N° 5:

PLANOS